

Mc
Graw
Hill
Education

新能源
汽车
研究与开发
丛书

BUILD YOUR OWN
ELECTRIC VEHICLE
3rd



电动汽车 设计与制造基础

如何打造你自己的电动汽车

原书第3版

[美] 赛斯·莱特曼 (Seth Leitman), 鲍勃·布兰特 (Bob Brant) 著
王文伟 周小琳 译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

新能源汽车研究与开发丛书

电动汽车设计与制造基础

——如何打造你自己的电动汽车

(原书第3版)

[美]赛斯·莱特曼 (Seth Leitman) 鲍勃·布兰特 (Bob Brant) 著

王文伟 周小琳 译



机械工业出版社

电动汽车的发展解决了诸多问题。它们避开了高昂的能源价格,充电费用低廉,没有尾气污染,还促进了经济的发展。它们不仅能够从发电站充电,还能利用太阳能、风能以及其他可再生能源。

本书通过给读者展示如何将自己的汽车改装成电动汽车,告诉了人们为什么他们应该打造自己的电动汽车。你会看到所有汽车公司都在参与电动化的游戏,并且已经改装出一系列电动汽车。

此外,本书为读者提供了一份有用的指南,让你熟知电动汽车零部件的相关知识,能够经历实际建造或改装自己电动汽车的过程。本书不想下一个最终结论,但是希望能够挑起读者对电动汽车的兴趣,能够打造自己的电动汽车。

Seth Leitman, Bob Brant

Build your own electric vehicle

ISBN 978-0-07-177056-9

Copyright © 2013, 2009 by McGraw-Hill Education.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education and China Machine Press. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2016 by McGraw-Hill Education and China Machine Press.

版权所有。未经出版人事先书面许可,对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播,包括但不限于复印、录制、录音,或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和机械工业出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内(不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾)销售。

版权©[2015]由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与机械工业出版社所有。

本书封面贴有McGraw-Hill Education公司防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记图字:01-2013-3380。

图书在版编目(CIP)数据

电动汽车设计与制造基础:原书第3版:如何打造你自己的电动汽车/(美)莱特曼(Leitman, S.), (美)布兰特(Brant, B)著;王文伟,周小琳译.—北京:机械工业出版社,2016.1

书名原文:build your own electric vehicle

ISBN 978-7-111-52173-0

I. ①电… II. ①莱… ②布… ③王… ④周… III. ①电动汽车—研究 IV. ①U469.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第273865号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:何士娟 责任编辑:何士娟

责任校对:陈越 封面设计:鞠杨

责任印制:齐明

三河市宏达印刷有限公司印刷

2016年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·23.25印张·410千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-52173-0

定价:98元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649 机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

PREFACE
译者序

伴随着来自政府、产业界和学术界铺天盖地的资讯，现在人们对于地球资源尤其是像地球上石油还能用几年这样的问题非常关注。另外，人们对于生存环境和自身健康的忧虑也非常关注。以电动汽车为代表的新能源车辆被赋予了神圣的职责，人们期待它能破除当前燃油汽车既给人类生活带来便利，但同时又对环境带来的负面影响这对矛盾的困局。

这本书，将帮助你了解世界，尤其是美国电动汽车的发展情况，看看那些绿色环保人士是如何为了保护这个绿色的地球而努力。本书可以让你近距离地了解电动汽车，让你对电动汽车将如何改变人类未来生活有自己的见解。或许，还能使你愿意购买或者使用一辆电动汽车，去真实地体验电动汽车的驾驶感觉和使用成本上的变化。

本书因涉及面广，包含人文、历史、技术、管理等多方面内容，翻译难度较大。另外，书中还涉及多种非法定计量单位，为保证数据的准确性，翻译中未进行与法定计量单位的换算，故附上计量单位换算表，以方便读者理解与计算。

本书尽管经过多次审校，但仍难免有不足之处，还请广大读者批评指正。

译者

PREFACE

前言

正如我在本书第2版中所预言：电动汽车的时代已然来临。今天我还要这么说，未来的电动汽车能够续航300英里而且价格不贵。德国人已经享受到了令人艳羡的续航里程和价格，为什么其他国家的人们不行？

如今电动汽车已经扩展到公众讨论的多个层面。《谁消灭了电动汽车？》和《电动汽车的复仇》证明了电动化交通并未走远。我们迎来了越来越多的混合动力汽车——插电式混合动力汽车就是下一波——纯电动汽车也随着汽车公司、美国政府和科技院校的努力逐渐成为时尚。

电动汽车快速解决了诸多问题。它们避开了高昂的能源价格，充电费用低廉，并且没有尾气污染。

它们不仅能够从发电站充电，而且能利用太阳能、风能以及其他可再生能源。而且，如果将发电站的排放与汽车尾气排放相对比，你会发现选择电动汽车要清洁得多。况且，如今发电站越来越清洁，电动汽车也只会更清洁。

电动汽车也能促进经济发展。尽管如今上路的电动汽车已经不少了，但我们仍然需要增加电动汽车的数量。混合动力电动汽车、插电式电动汽车和低速电动汽车都扩大了电动化交通的队伍。美国——不，是全世界，都在更多地参与到这项事业中来。从中国到印度，到英国，到法国，又回到美国，电动化交通将要并且能够创造一个崭新的工业，以增强我们制造业的生产能力去生产出清洁、高效的汽车。

电动汽车的发展会增加美国的就业率，促进经济的发展。我们已经在依赖进口原油，这对于美国的经济利益没有丝毫帮助。为了原油，我们要输出数十亿美元，是一个值得我们大家思量的问题。这个问题还可以这样考虑：我们应该把更多的美元送给其他国家呢？还是留在自己口袋里呢？这就是我为什么坚持无污染、不耗油交通方式的原因。我第一个公司的口号是：无污染、不耗油，自由真好！这也是我想为本书树立的主题。当你驾驶一辆电动汽车时，就会感受到这种自由的滋味。

我叫赛斯·莱特曼，一直以“绿色出行”为名。我就是那个回答“人们很怕问到绿色出行问题”的家伙。我猜这就是别人叫我“绿色生活者”的原因。

作者与编者

我曾撰写或编辑的有关绿色生活的书籍包括：

《打造属于你自己的电动汽车》（第2版）（赛斯·莱特曼，鲍勃·布兰特著）

《插电式混合动力电动汽车开发基础》（赛斯·莱特曼著）

《打造属于你的电动摩托车》（卡尔·福格尔著）

《绿色照明》（布莱恩·克拉克·霍华德，威廉·布廉斯基，赛斯·莱特曼著）

《你家的太阳能》（大卫·芬德里著）

《你家的可再生能源》（罗素·戈尔克著）

《家庭能源审计DIY》（大卫·芬德里著）

《打造你自己的小型风电系统》（凯文·谢伊，布莱恩·克拉克·霍华德著）

还有更多倡导绿色生活理念的书籍即将问世。

这些绿色生活书籍聚焦改进环境友好型科技发展，并且让它们为你服务。我目前正在制作这些书籍的视频系列。

我现在是生态绿化可持续咨询服务部门的管理成员，该部门是我 ETS 能量存储有限责任公司的一部分，旨在帮助人们、公司、政府来实现绿化建设，并提供更多的绿化机会。我也有一个公司帮助客户进行 LEED 认证，以及太阳能、风能、地热能、能量效率、照明、室内空气质量研究等。我们做得很不错。不管是让第三方做审计、照明转换，还是自己干工作，都要求绿化、节能、热爱绿色生活。

我还在 ETS 能量存储有限责任公司开办了一个分公司，名为“绿色生活者产品”。其目的就是为前来咨询可持续发展的公司，提供社交媒体、读物、视频以及电影。总之，你来咨询，我就为你做推广。

我在 ETS 能量存储有限责任公司还担任记者、作者、博客、采访者、视频制作者、生态咨询师和可持续发展专家的职务。该公司有一个网站：GreenLivingGuy.com。该网站曾经并且还在为 Findthebest.com、Greenopia.com、GreenTowns.com、EcoSnobberySucks.com、[The Daily Green](http://TheDailyGreen.com)、《赫芬顿邮报》、《现代嬉皮士杂志》、《未来创新设计博客》、《绿色星球》、《纽约家庭杂志》、Patch.com、MotherEarthNews.com 以及其他绿色生活网站、报纸和杂志供稿。我还曾接受过英国 BBC 的采访。我现在甚至是纽约 WPIX11 频道的本地专家，并参与拍摄、制作和表演环节，这样的工作非常有趣！

我如何帮助纽约以及世界实现绿化

我曾供职于纽约州能源研究与开发局，负责在整个纽约州进行替代燃料汽车和电动汽车的市场推广和项目管理工作。我曾任清洁燃料客车项目经理，为替代燃料客车提供 1 亿多美金的增值成本支持。

我曾对学校绿色建筑和室内空气质量进行过调查，了解到它们如何影响学生和哮喘发病率，以及对环境的间接影响。然后我发现校车和学校自身的能量消耗，以及来自发电厂的污染物影响室内空气质量的底线。

2000 年，我供职于纽约电力公司的时候，成立了 TH!NK 清洁通勤车项目组，在纽约都市区示范运营 100 辆电动汽车。该项目曾被《今日美国》、美联社、路透社、《纽约时报》、CNN、《早安美国》、《今日秀》以及其他一些媒体报道。在纽约电力公司的时候，我还曾参与低速汽车的捐赠项目。

我还曾与美国两大低速汽车公司——全球（Global）电动汽车公司和 Th!NK Neighbor 公司（前身属于福特汽车公司）合作。我们从布鲁克林到纽约西部，在整个纽约州投放了成千上万辆低速电动汽车，让人们前来观摩。

我在纽约电力公司的时候，曾与纽约城市交通局的员工在电动汽车上有过很愉快的合作，并且参观过纽约电力公司能源服务集团的照明部门，并给予了一些帮助。我利用 99% 的时间进行电动汽车研究，也利用一小部分时间将所有车上照明转换成为 LED 灯。这为我撰写《绿色照明》激发了灵感。该研究组还为我展示了节能灯科技。能源服务集团每天的工作就是为纽约州的客户提供廉价、可靠的清洁能源。

纽约电力公司甚至将这些照明及其后备电源供纽约城使用。不论是地铁上的公共交通照明，还是马路上的路灯，都是由纽约电力公司提供的。

电台节目主持人

我甚至还在《绿色生活者》节目里，主持过一档非常有趣的博客脱口秀电台节目。

政府电动汽车报告

我已经和电力研究院、美国能源部和纽约能源研究与开发局在清洁通勤车项目和绿色校车项目方面发表了研究报告。此外，我的硕士论文就是国际发展对比研究，世界银行主席顾问、前国会议员马休·麦克修曾在我毕业的研究生院——洛克菲勒公共事务与政策学院就读。

所以这就是我为什么自认为是一个绿色生活者的原因。我并不完美，只是个普通人而已。但是，如果我们能让更多的人都崇尚绿色主义，那么就会为绿色生活做点贡献。

我和鲍勃·布兰特一样，都是一个乘坐绿色地铁的纽约人。事实上，当我在纽约电力公司工作的时候，就曾对这种贯穿纽约城的电动化交通工具无比欣赏。

然而，我对可再生能源和能源效率的兴趣产生于在洛克菲勒公共事务与政策学院读研究生的时候，我在那里获得公共管理硕士学位。我主要做国际发展对比研究，以世界银行和国际货币基金组织的文件为主要材料。当我读到世界银行资助效率很低并具有环境破坏性的能源项目（比如中国的火电站和对亚马逊流域存在潜在威胁的巴西水坝）时，我决定将自己的理解放到另一个层面。在我的硕士论文中，我采访了世界银行、国际货币基金组织和布雷顿森林机构的工作人员。

我非常幸运能够向项目经理直接提问，他们监督资助中国修建火电站的项目经费。当我问他们怎么会资助这种破坏环境而又没有采取排放物回收技术的能源项目时，得到的回答不怎么理想。但是自从我对他们进行采访之后，他们在对环境的关注方面有长足进步，并且开始向经济性和环保的方向改进。虽然还有很多工作需要做，但是肯定会有许多进展。

我对组织团体如何创造出对环境有利、能源高效并促进经济发展的项目开始产生浓厚兴趣，于是选择去纽约能源研究与开发局工作。在那里，我担任美国能源部清洁城市项目的项目经理。该项目是一项关于替代燃料汽车的项目，涵盖纽约州 7 座城市中的 5 座城市。我还是《清洁空气 / 清洁水体法案》支持的清洁燃料客车项目的项目经理，该法案为交通运营商提供 1 亿多美元的支持，用于购买替代燃料客车。当我看到电动轿车和混合电动客车与其他车型相比的优势时，我的思想发生了转变——我认为电动化交通才是正途。

我对电动化交通的浓厚兴趣促使我加入纽约电力公司电动交通集团。我总共在纽约投入了 3500 多辆替代燃料汽车和客车。我是纽约电力公司这家全国最大的国有企业的市场开发和政策专家。我致力于纽约市区纯电动汽车和混合动力汽车项目的研发、市场营销和管理工作。我的研发项目将纽约电力公司的车队从 150 辆扩展至 700 多辆，同时还提高了公众对这些项目的认知度。

我是纽约电力公司 TH!NK 清洁交通项目的首席专家，电动汽车车队从原先的 3 辆扩展到 100 辆。该项目是当时最大的公私合作项目。我获得并管理了来自联邦政府、项目合作商、项目参与者以及福特公司 650 万美元的拨款。我还研发了一套激励机制，利用充电站在火车站为通勤者预留车位。我们提供保险折扣，降低了火车票价。这是世界上迄今为止最大的电动汽车充电站和汽车项目。图 1 和图 2 所示为纽约查帕奎火车站为租赁的电动轿车提供的停车场和充电桩。这是该项目最成功的火车站之一（除了亨廷顿和纽约长岛的西克斯维尔以外）。图 1 是我们设在火车站台右边的停车场。图 2 是使用 AVCON 充电桩的充电站之一。充电站的连接电缆设计得像普通天然气站一样（这要感谢电力交通集团前总经理巴特·薛齐和时任纽约电力公司充电站专家萨姆·马克维奇和亚利桑那州的 ETEC 公司）。TH!NK 正在朝着国际汽车市场迈进，并将在美国开设办事处。TH!NK 归来了！



图 1 一个电动轿车梦。TH!NK 清洁通勤车项目中的 TH!NK 城市电动轿车停在查帕奎火车站



图2 TH!NK 城市电动轿车在查帕奎火车站利用 AVCON 充电桩进行充电

我还在捐赠项目里组织多个州立和当地机构提供 1000 多辆 GEM 和 TH!NK 低速汽车，来满足纽约州的零排放汽车需要。

我写这本书的初衷可以简要地概括在我与福特公司董事长比尔·福特在佛罗里达州的谈话里。我给他一份本书的手稿，并告诉他我在里面改装了一辆福特巡逻兵皮卡。我还告诉他我正在给未来的汽车制造商、福特公司以及所有其他汽车制造商、汽车改装公司，以及想购买或租赁电动福特福克斯轿车、特斯拉 S 型轿车或日产 Leaf 的人们写第 3 版。本书主要给读者展示如何将自己的汽车改装成电动汽车，顺便给这些研究机构做了广告。与上一版相比，这一版增加了更多的图片。

我还想告诉人们，为什么他们应该打造自己的电动汽车。但不是说不想改装的人就不应该看。这本书是写给所有人的。你会看到所有汽车公司都在参与电动化的游戏，你还会看到他们正在改装的电动汽车。

此外，本书想为制造者提供一份有用的指南，鼓励他们在“先试后买”的探索中联系到额外资源，帮你介绍已经完成这项工作的人（比如电动汽车协会、咨询师、制造者、供应商和整合者），让你熟知电动汽车零部件的相关知识，最后经历实际打造或改装自己电动汽车的过程。我并不想下一个最终结论，只是想挑起你对电动汽车的兴趣。我希望能对书中的材料、资源或部分论述感兴趣，然后像我一样打造自己的电动汽车。

ACKNOWLEDGMENTS

致 谢

借用刚刚荣获艾美奖的一位演员的话，“我要感谢很多人。”但是我想首先感谢我的家人。他们亲眼见证了我这些年在电动汽车领域的投入。随着全球变暖，绿色生活成为新潮流，他们真的很欣赏我所做的一切。更重要的是，气候变化和全球变暖成为现实，我所做的这些对于孩子们来说更加有意义，因为没有什么比一个更适宜生存的地球更重要。

我还要感谢很多人。我想谢谢卡尔·沃戈尔和史蒂夫·克鲁尼。卡尔开了一家公司——Vogelbilt 集团，他在本书第 1 版的帮助下制作了一辆电动摩托车。他对于本书的一些章节提出了建议。他一直以来是我非常好的朋友。更重要的是，他写了一本书，名为《打造你自己的电动摩托车》，你可以看看。

史蒂夫在佛罗里达州开了一家公司，原来叫草根电动汽车，现在改名为绿色小屋改装公司。我们已经针对电动汽车改装话题进行过多年探讨。我一直支持他，并相信他做的事情十分有意义。现在，他的生意源源不断，需要预定。这对于他来说是件好事，对于电动汽车改装来说也是极好的现象。

感谢保罗·林德在纯电动保时捷跑车上一直以来的改装。他的改装车赋予很多人以灵感。

感谢电动汽车协会主席罗恩·弗洛伊德。当我告诉他这本书的时候，他立即说，“大致看了一遍。”他对其他的不感兴趣，但确信这本书会很成功。这不是我个人的荣誉，而是对整个电动汽车事业而言。该组织代表全国所有推广电动汽车的团体，他们需要我们的支持。还有很多这些团体中的人，对于电动汽车这项正确的事业充满热爱和向往：电动汽车肯定会繁荣昌盛起来。对我而言，非常欣赏并感谢他们的理想。

我还想感谢谢尔莎·萨克斯顿。我们都从电影《谁消灭了电动汽车？》中认识了她。当我想请她为本书帮忙时，她非常愿意。这并非故作姿势，因为她是含着微笑伸出援手的。谢尔莎成立了美国插电式混合动力电动汽车组织，使插电式混合动力汽车

成为现实。我们在后面会讲到插电式混合动力汽车。我对这个组织很欣赏的一点是，他们的工作不分党派，只是为了正确的原因而做。其中成员菲利克斯·克莱默又一次对我说，他一直告诉人们最好的车型就是电动汽车。他们也理应接受我的感谢。

南方公司的唐·弗莱西斯在我还供职于纽约电力公司电力交通集团的时候与我结识。他看到了我这么多年在电动汽车领域的投入，在我给他打了个电话后就慷慨相助。他是一个非常不错的朋友和同事。

我还想感谢很多对电动汽车充满热爱的人，是他们使得本书的出版成为可能，比如《电动汽车世界》的李·哈特和比尔·摩尔、《电动时代》的里米·谢瓦里尔，他们是电动汽车领域的专家。我还想感谢 electric-cars-are-for-girls.com 网站的林·梅森对本书的贡献，谢谢她的网站和努力。还要感谢肯·科赫，他是本书第1版的编者之一，有人以为他做电动汽车改装车，因为在这本新版书中有一些他的改装车型。他以前的KTA服务公司也还在运营。我还要感谢 TurnE 改装车公司的克里斯蒂·霍斯林，福特汽车德国公司，特斯拉汽车公司，丰田汽车公司的鲁德格·海尔德，AC 推进力公司的汤姆·盖奇，通勤汽车集团的里克·伍德贝瑞，澳大利亚零排放汽车公司的伊安和克里斯·埃尔斯。克里斯是生活在纽约查帕奎的绿色通勤者，去年我们又有了联络。他说这个项目能继续开展太好了。我只希望这本书能够帮助成立更多的项目，电动汽车能够得到更有条不紊的发展。

我还想感谢鲍勃·布兰特及其爱人邦妮·布兰特撰写本书的第1版。

最重要的是，我要感谢麦格劳-希尔教育出版集团的朱迪·巴斯。她非常信赖我，给予我很大支持。我还要对该集团的新成员布里奇特·斯瑞森说，你是最棒的，是你们公司的未来。

我不能忘记我的排版人帕蒂·华伦堡：如果你需要这本书，给她打电话吧。

我还要感谢麦格劳-希尔集团商品及商业市场出版运营部门负责人迈克尔·文森特。他教过我儿子曲棍球，在我写书的日子，他的支持提供了很大的帮助。他没有参与任何编写工作，但是他喜欢我干的事情。

我还想感谢我的高中同学斯蒂夫·摩纳哥。你一直以来都让我觉得很温暖，比如在本书第2版发行的晚会上赠予我《小熊维尼的道》。

我还要感谢我美丽的妻子杰西卡和我漂亮的儿子们泰勒和卡梅隆。在我刚开公司最困难的时候，我的妻子一直支持我、爱我，为我祈祷，做我坚强的后盾。我的儿子泰勒和卡梅隆则一直赋予我创作的灵感。随着他们的成长，我很欣慰这本书能为他们

未来的世界有些许帮助。

我还想感谢我的卡罗姨妈、迪克舅舅、我的父母、鲍勃叔叔、帕姆婶婶和所有兄弟姐妹。我爱你们！

最后，我还想感谢我的支持者和合作者：MSI 照明、布莱恩·克拉克·霍华德、里米·谢瓦利、普·斯戴尔思、简·格莱伍思、劳力·汉密尔顿、泰伦·西普威尔、鲁本·埃斯特拉达、伊维特·里奥斯、约翰·麦特里克以及在纽约电力研发局工作的每一个人。还要感谢克里斯托分·格拉文佳、伊莲娜·加西亚·扎卡楼（世界上最好的摄影师）、布莱德福德·兰德及其团队；感谢阿曼达·法勒为绿色生活者产品“绿色旅行妹”系列所做的工作；感谢阿尔西亚·莱特、戴润·摩尔、塔玛拉·亨利、马特·彼得森、戴安·西蒙、杰西卡·扎帕泰罗、比安卡·巴克拉姆、环境媒体协会和我曾工作的所有公司给大众传播绿色生活知识。

我还必须感谢落基山研究所、自然资源保护委员会、世界海洋保护组织、塞拉俱乐部以及所有在 2008 年以后将电动汽车列入其工作日程的组织机构，非常感谢他们对本书所做的贡献。

译者序

前言

我是谁

致谢

第1章	今天为什么要发展电动汽车？	1
1.1	打造自己的电动汽车	3
1.2	什么是电动汽车？	7
	电动机	8
	电池	8
	控制器	8
1.3	你开过电动汽车吗？	8
	电动汽车提供“全体验”	9
	电动汽车的驾驶乐趣	9
	电动汽车帮你省钱	11
	电动汽车可以定制	11
	电动汽车安全第一	12
	电动汽车保护环境	14
1.4	关于电动汽车的一些传言	14
	传言一：电动汽车跑不快	14
	传言二：电动汽车续驶里程有限	15
	传言三：电动汽车不方便	16
	传言四：电动汽车很昂贵	17
1.5	电动汽车的缺点已经减少或消除	19
1.6	是时候打造你自己的电动汽车了	19
1.7	打造属于你的电动汽车	23
第2章	电动汽车既节能又环保	24
2.1	为什么说电动汽车环保？	24
2.2	保护环境的同时也收获经济效益	25
2.3	石油不会永远存在	27
2.4	清洁能源主导未来	27
2.5	时间紧迫	29
2.6	美国交通依赖石油	29
	石油涨价	30
	哪种选择对环境更好：增加燃油税还是提高燃油经济性？	30
	燃油经济性和燃油税对比（前14年）	32

- 电动汽车如何显身手 32
- 有毒固体废弃物 33
- 有毒液体污染 34
- 废热全因效率低 35
- 电网钟爱电动汽车 36
- 2.7 小结 37
 - 内燃机遗留的环境问题 37
 - 积极的解决方案 37
 - 减少石油在船舶运输中的使用 39
 - 不再使用石油发电 39
 - 用电替代石油给居民和商业供暖 39
 - 实现交通车队电动化 39
- 第3章 电动汽车发展史 48
 - 3.1 回顾20世纪 48
 - 3.2 汽车发展史大事记 49
 - 3.3 电动汽车大事记 49
 - 直到1915年 49
 - 蒸汽机-电动机-内燃机-电动机的转变 50
 - 3.4 内燃机汽车的黄金时代 51
 - 3.5 第二次世界大战后的石油热 51
 - 3.6 石油霸主的曙光 52
 - 3.7 电动汽车 54
 - 忘掉石油！电动汽车需要速度！ 54
 - 美国电动赛车协会 55
 - 续驶里程需求 56
 - Casey Mynott专为速度打造电动汽车 56
 - 3.8 协会成立的必要性 57
 - 全世界范围 57
 - 北美地区 58
 - 欧洲地区 58
 - 3.9 锂离子电池启动电动汽车市场 58
 - 3.10 活动、汽车、书籍和电影的需要 58
 - 从20世纪90年代至今 58
 - 加利福尼亚州法规 59
 - 9·11事件之后 63
 - 通用汽车公司的觉醒 63
 - 21世纪的电动汽车 65
 - 3.11 交通电动化仍然是一项学术和国际化行动 75
 - TurnE 75
 - 意大利EVE 76
 - 特斯拉Model X 76
 - 3.12 小结 77

第4章 给你最好的电动汽车	79
4.1 电动汽车购买决策	79
改装车能节省金钱和时间	79
购买或租赁电动汽车能节省很多时间	80
电动汽车的知名品牌	86
其他电动汽车	86
荷兰正在制造自己的电动汽车	89
三菱i-MiEV	90
英国和印度消费者钟爱的REVA	91
4.2 电动汽车改装商店	91
从独立制造商购买现成的电动汽车	91
美国电动汽车有限公司（EVA）与Flux Power公司签约	91
4.3 改装电动汽车	92
改装现成汽车	92
电动汽车改装决定	99
4.4 改装步骤	104
4.5 电动汽车电动机：关于交流电动机与直流电动机的讨论	104
交流电动机不适用的地方	106
费用问题	106
分析	107
4.6 小结	108
第5章 底盘与设计	111
5.1 正在和即将开展的综合试验	112
5.2 为你的电动汽车挑选最佳底盘	112
知道自己的选择	114
5.3 优化你的电动汽车	115
5.4 我的电动汽车不太重	117
去掉所有不必要的重量	117
买车之前	117
改装过程中	117
改装后	118
重量和加速性	118
重量与爬坡	119
重量影响速度	120
重量影响续驶里程	120
减轻重量的同时要保持平衡	121
记住30%法则	122
5.5 电动汽车流线型思考	122
空气阻力的定义	123
选择最低空气阻力系数	123
相对风速对空气阻力的影响	126
你可以利用的空气阻力数据	126

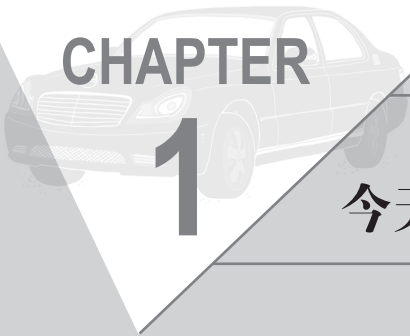
改善尾部气流	127
改善轮罩和车身底部气流	127
阻止和/或改善前部气流	128
5.6 开始上路	128
滚动阻力定义	128
注意你的轮胎	128
使用子午线轮胎	129
使用高轮胎压力	129
制动阻力与转向磨损造成的滚动阻力	130
你可以用到的滚动阻力数据	130
5.7 对传动系统来说，少即多	131
传动系统	131
5.8 电动机与内燃机技术参数的不同	132
5.9 齿轮比	136
自动挡与手动档	137
使用二手传动系统	137
轻重传动系统对比和润滑液	137
5.10 设计你的电动汽车	138
功率、转矩与电流	139
计算概述	139
所需转矩表格	140
可用转矩表格	141
所需转矩和可用转矩表	142
5.11 购买电动汽车底盘	145
电动汽车改装	145
改装的另一面	146
怎样达成最佳交易	146
5.12 空气动力美学	150
第6章 电动机	152
6.1 为什么使用电动机?	153
6.2 功率	153
6.3 直流电动机	154
磁与电	155
导体和磁场	155
安培定则或电动机法则	156
6.4 电磁铁和电动机	156
6.5 直流电动机的基本构造	157
现实生活中的电动机	157
电枢	157
换向器	158
磁极	158
串励电动机	158

电刷	158
电动机壳体、支架或磁轭	159
6.6 直流电动机的类型	160
串励直流电动机	160
并励电动机	162
复励直流电动机	164
永磁直流电动机	165
无刷电动机	166
通用直流电动机	166
6.7 交流电动机	167
变压器	168
交流感应电动机	169
单相交流感应电动机	169
多相或分相交流感应电动机	169
绕线式感应电动机	173
6.8 未来最好的电动汽车电动机解决方案	174
交流电动机：ElectroAutomotive公司的HiPer Drive	175
电动机的额定值	176
6.9 小结	177
第7章 控制器	182
7.1 控制器概述	182
固态控制器	184
电子控制器	184
交流控制器	185
7.2 控制器的选择	185
现货供应的柯蒂斯PWM直流电动机控制器	186
交流控制器	187
7.3 当今最佳的控制器解决方案	188
Zilla控制器（适用于改装的最佳直流控制器之一）	189
Zilla型号	189
WarP-Drive控制器	191
7.4 电动汽车控制器使电动汽车不再是神话	193
7.5 AC Propulsion公司施以援手	194
AC-150 Gen 2系统：满足现有轿车需求	194
AC-150 Gen3系统：用于下一代电动汽车	195
电池管理系统	199
需要多少均衡电流？	201
7.6 特斯拉控制器使用了AC Propulsion公司的技术	204
7.7 小结	205
第8章 电池	207
8.1 金属、盐以及离子：大自然的悲伤恋歌	209

8.2	制作电池	210
8.3	电路	211
	安培和伏特	212
8.4	电池结构	212
8.5	锂离子电池的外形及尺寸	213
8.6	安时和电压	215
8.7	串联或并联	216
8.8	充电率	216
8.9	平缓放电曲线	217
8.10	废物堆中的钻石：LiFePO ₄	217
	LiFePO ₄ 阴极的优点	217
	LiFePO ₄ 分子	218
8.11	改变LiFePO ₄ 配方	219
8.12	好东西的偶然发现	219
8.13	沿纹理移动	220
8.14	阻抗和快速充电	221
8.15	能量密度和功率密度	221
8.16	“大自然母亲”（Mother Nature's）的电池管理系统	222
8.17	热失控的解释	224
8.18	LiFePO ₄ 电动汽车电池的最佳实践	225
	均衡	225
	电池管理	226
	冷却	226
	足够温暖	227
	充电	227
	电池箱安装	228
	电池接线	228
	第一次启动的安全提示	229
8.19	小结	229
第9章	充电机和电气系统	231
9.1	充电机概述	231
9.2	电池的放电和充电循环	232
	从电池循环寿命测试中你可以了解到什么	232
	电池的放电循环	233
	电池的充电循环	233
9.3	理想的电池充电机	234
	0→20%的充电	236
9.4	实际应用的充电机	236
	美国充电点（Charge Point America）计划	237
	Manzita Micro PFC-20	238
	Zivan NG3	239

9.5	其他电池充电方案	240
	ECOtality与Regency Centers在美国19个地区开展合作	241
	电动汽车项目 (EV Project)	244
9.6	快速充电	245
9.7	感应充电	246
	日产和Nichicon在日本联合发布了“Leaf到家”电力供应系统	246
	电动汽车电站 (EV Power Station): 技术参数	247
9.8	电池组更换	248
9.9	超越明天	250
9.10	混合动力和纯电动汽车产品	251
9.11	电动汽车电气系统	256
	高压、大电流动力系统	256
	DC/DC变换器	264
9.12	连接到一起	265
	电线和插接器	265
	连接	265
	布线	265
	接地	266
	检查	266
9.13	配件总结	266
第10章	电动汽车的制造和改装	270
10.1	改装概述	270
10.2	制造或者改装之前	273
	找好帮助你的人	273
	准备好地方	273
	准备好工具	274
	准备好购买和交付	275
10.3	制造或者改装	275
	底盘	278
	准备底盘	280
	机械部分	282
	安装电动机	282
	电动机后部支撑	287
	飞轮与电动机轴连接	287
	安装和测试你的电动机	287
	制造电池底座	290
	其他的机械零件	291
	清理完成后从机械进入电气阶段	292
10.4	电气部分	292
	大电流系统	293
	低压系统	296
	分线盒	300

- 充电系统 302
- 10.5 电池 308
 - 电池安装 308
 - 电池接线 310
 - 12伏辅助电池 316
- 10.6 改装之后 316
 - 系统检查 316
 - 进一步改善冷却系统 318
 - 同样改善加热系统 318
 - 在社区内试车 319
 - 喷漆、抛光和标记 320
- 10.7 不断改进 320
- 10.8 和你的车合影 322
- 10.9 小结 326
- 第11章 获得最完美的电动汽车体验 328
 - 11.1 牌照和保险概述 328
 - 车辆注册 329
 - 购买保险 329
 - 安全补充说明 329
 - 11.2 驾驶和维修概述 330
 - 驾驶电动汽车 330
 - 电池用尽 332
 - 定期开车 332
 - 11.3 保养电动汽车 332
 - 电池保养 332
 - 轮胎保养 334
 - 润滑油 335
 - 检查连接 335
 - 11.4 安全信息 337
 - 在维护电动汽车之前 337
 - 电动机 337
 - 应急工具 338
 - 11.5 关于电动汽车推广普及的建议 339
 - 11.6 电动汽车最新进展 341
 - 11.7 小结 344
- 附录 本书常用计量单位换算表..... 350



CHAPTER

1

第 1 章

今天为什么要发展电动汽车？

我曾在本书的第 1 版和第 2 版中提到过这个问题：“人们为什么要购买、改装或制造电动汽车？”

给出如下理由是否充分呢？

- 零排放
- 零转速时仍保持 100% 扭矩
- 各种价位均可购买

以前我在纽约生活的时候，就常说电动汽车几乎无须保养：不用更换机油、火花塞，也不用进行定期检修。

当人们向我询问电动汽车的优势时，他们首先会问：“电动汽车真的如此高效吗？”我会回答：“当然不会那么神奇，你仍需添加玻璃清洗液、制动液和冷却液。但重点是，电动汽车不需要燃油和燃气，等等。”

我们日常生活中接触到的电动车辆（EVs）有地铁、电动轿车、叉车和机场拖车，如特斯拉电动跑车、日产 Leaf 以及福特 Focus 电动汽车等。

那么你需要什么样的电动汽车呢？大的还是小的，动力强劲、速度快的还是超高效的？满足这些需求的电动汽车有：挪威 TH!NK City 电动汽车、丰田 RAV4、Fisker 电动汽车、特斯拉电动跑车、特斯拉 Model S 或 Model X 型电动汽车、日产 Leaf、福特 Focus 电动汽车、Tango 电动汽车或其他你在马路上见过的改装电动汽车。当你面对一张白纸时，想设计一辆什么样的电动汽车呢？是电动轿车、越野车、小货车还是厢式货车？当你打造自己的电动汽车时，可以完全自己做主。

美国能源部的相关数据显示，汽车制造商所青睐的越野车难以达到联邦政府的燃油标准，也无法降低有害气体排放。然而我们每天消耗的燃油的一多半（55%）都是

进口的，这种对进口燃油的依赖已创历史新高，而且这种依赖将随着国内资源的枯竭继续攀升。众所周知，世界绝大部分石油都集中在中东地区（65%~75%），并且由石油输出国家组织（OPEC）掌控。从国家安全角度考虑，为了不被燃油所操控，我们必须控制自己的燃油消耗。而在交通领域，唯一的出路就是实现电动化交通。

美国能源部的资料还显示，有 1.33 亿美国人生活的地区至少有一项指标未达到《国家环境空气质量标准》。交通工具产生废气的化学成分中有 25%~75% 会污染大气，成为雾霾和健康问题的罪魁祸首。

所有新上市轿车都必须达到联邦政府的尾气排放标准。但是，汽车驾驶的时间越久，造成的污染也越严重。此外，实际上从燃油得到的能量仅有 20% 用来驱动汽车发动机、空调、方向盘、收音机和音响系统，剩下的 80% 都排放到了大气中。

驾驶电动汽车便能改变这一切，因为：

① 电动汽车是最节能环保的汽车，它能真正实现零排放，并且驱动电动汽车的能源 97% 无毒。

② 电动汽车的电动机能够在几乎任意转速下提供动力，而且能量利用率可达 75% 以上，而内燃机汽车的能量利用率仅约 20%。

③ 有些反对发展电动汽车的公司说，电动汽车虽然用的是清洁能源，但是发电站大部分都是燃煤的。的确如此，但是如今大部分发电站都通过使用烟囱除尘系统，或用天然气代替煤炭来实现清洁生产。美国仅有 2% 的电是燃油发电，所以用电来驱动汽车能有效降低我们对进口石油的依赖。而且，如今可再生能源发电站蓬勃兴起，比如太阳能发电站、风力发电站、地热发电站、潮汐发电站等。这些都将对电动汽车的发展起到强有力的推动作用。零尾气和零发电站排放方式将是未来交通的发展方向，而未来已在眼前。

④ 即便假设电能都靠煤电站生产，不用太阳能和天然气发电，那也比使用从石油中提炼的汽油造成的污染小得多。

⑤ 电动汽车发展面临的主要问题是续航里程、最高车速和购买价格。从我们今天使用手机和其他锂电池技术产品的情况来看，电动汽车电池的费用必然会降低。并且短暂充电后其续航里程将达到 300 英里，在 3.4 秒内可加速到 60 英里 / 小时。如果电动汽车具备普通汽车的所有性能，那么它将给人们的生活带来巨大变化。

如果给电动汽车装上 1000 ~ 2000 安的电动机及其控制系统、高性能动力电池和保时捷 911 或一辆旧跑车的轻量化底盘，其展现的性能将令你惊讶。换言之，一辆旧

保时捷 911 可以改装成仅靠铅酸电池驱动的最高速度 100 英里 / 小时以上的电动汽车。利用锂电池技术, 其续驶里程可达 300 英里, 而其改装费却大大低于一些 SUV 新车型和豪华跑车。

为了推动电动汽车进入市场, 有些人正尝试其他途径, 包括:

- 将混合动力汽车改装成插电式混合动力汽车
- 批量购买混合动力电动汽车
- 购买日产 Leaf、雪佛兰 Volt 电动汽车、福特 Focus 电动汽车、特斯拉 Model S、Model X 电动汽车或者选择 2012 年、2013 年新上市的电动汽车
- 购买低速电动汽车, 比如 GEM 轿车
- 购买老款电动汽车, 例如 EV1 电动汽车、丰田 RAV4 电动汽车或 THINK City 电动汽车
- 把旧汽车或闲置汽车改装成一辆纯电动汽车

在本书英文版第 2 版出版的时候, 电动汽车、混合动力汽车、插电混合动力汽车和诸多改装电动汽车公司骤然兴起, 大大推进了电动汽车市场的发展。

1.1 打造自己的电动汽车

对于汽车爱好者来说, 改装电动汽车比制造一辆车要容易得多。而对于汽车生产厂家来说, 制造电动汽车是很容易的。选择电动汽车的理由很多, 诸如:

- 高昂的油价
- 持续攀升的哮喘患病率
- 降低对进口石油的依赖
- 比传统汽车使用成本低、使用寿命长

当你计划购买特斯拉 Model X 电动汽车时, 特斯拉公司就会制造你需要的电动汽车。这就是我很感谢特斯拉创始人 Elon Musk 为他自己制造电动汽车的原因——他其实在为你们制造电动汽车。

很多电视节目都教人们如何装饰自己的汽车, 安装更好的发动机, 提高速度和安全性能。其实改装电动汽车也同样能做到这些, 还可以让我们的子孙后代生活在不依赖进口石油的安全世界里, 驾驶真正清洁的汽车出行。

如图 1-1 和图 1-2 所示的 2001 保时捷和马自达改装电动汽车 (在本书第 11 章中将教你如何改装) 充一次电后, 能以 60 英里 / 时的速度分别跑 60 英里和 300 英里。

制造这样的电动汽车，我们只需要传统铅酸电池、锂离子电池或纳米磷酸盐电池，以及现成的零部件和高新科技。



图 1-1 改装的保时捷电动汽车



图 1-2 Joe Porcelli 和 Dave Kimmins 改装的日产 Z 型电动汽车

在这一章里我们知道了什么是电动汽车，也看到了人们对电动汽车兴趣的高涨。你会看到人们对电动汽车正确和错误的认识，也会了解电动汽车的优点，以及它们的优势为什么会随着科技进步而在未来不断得到突显。

为了更好地认识电动汽车，我们首先要从认识内燃机汽车入手。人们对内燃机汽车的持续迷恋着实令人不可思议，因为内燃机汽车本身是个蹩脚的设计：利用不断爆炸来驱动活塞转动曲轴。如果曲轴以 6000 转 / 分钟的速度转动，则每分钟会产生 100 次爆炸。而爆炸就需要气缸体这样一个大容器来包容。除此之外，还需要如下系统：

- 冷却系统：将发动机温度保持在安全操作范围内
- 排气系统：将热废弃物安全排出
- 点火系统：在恰当的时刻点燃内燃机
- 燃油系统：为内燃机注入恰当比例的油气混合物
- 润滑系统：降低高温、高速运行零部件的磨损率
- 起动系统：起动整个发动机系统

要使所有系统协同运转起来很复杂，这就意味着会有许多潜在问题发生，从而导致频繁的维修和日益高涨的维修费。图 1-3 所示为内燃机汽车系统的简图。

现在的内燃机汽车比以往要先进许多，有的汽车制造商还相信从燃油汽车能发掘更多潜力，但实际上他们使用的所有技术都源于电动汽车。所以，对于坚信内燃机是下一代前沿领域的汽车制造商来说，应该认识到，电动汽车才是未来。

内燃机运行时会产生废热和污染，其所有操作都是有毒、低效的，造成的危害和划燃一根小小的火柴不同，几千万（马上就会有几十亿）内燃机汽车造成的危害将会毁灭整个人类社会。在第 2 章中，我们会详细阐述内燃机汽车造成的环境问题。

与内燃机汽车上百个运动零部件相比，电动汽车电动机或控制器却只有一个运动零部件。这就是电动汽车高效率的原因之一。要把燃油轿车、小货车或 SUV 改装成电动汽车的唯一步骤就是把内燃机及其相关的点火系统、冷却系统、燃油系统和排气系统拿出来，然后放入一台电动机、若干动力电池和一个控制器。

这对于改装者而言极其简单，就算是汽车制造商也觉得电动汽车制造起来很简便。图 1-4 所示为电动汽车系统简图：电池和充电机相当于燃油系统，电动机和控制器是电驱动系统，其他驱动系统与燃油汽车一样（实际上现在一些高级电动汽车已经不需要变速器和传动轴了）。

这张电动汽车构造框图就像 Norelco 公司或其他公司的剃须刀的构造框图一样简单：一个电池、一台电动机，再用一个控制器或开关来调整流入电动机的电流，从而达到控制速度的目的。电动剃须刀不会产生什么排放物，电动汽车也不会。电动汽车

结构简单，工作可靠，使用寿命长，不需要定期保养，维修费用低廉。而且它们的灵活性很高，有电的地方就能用。

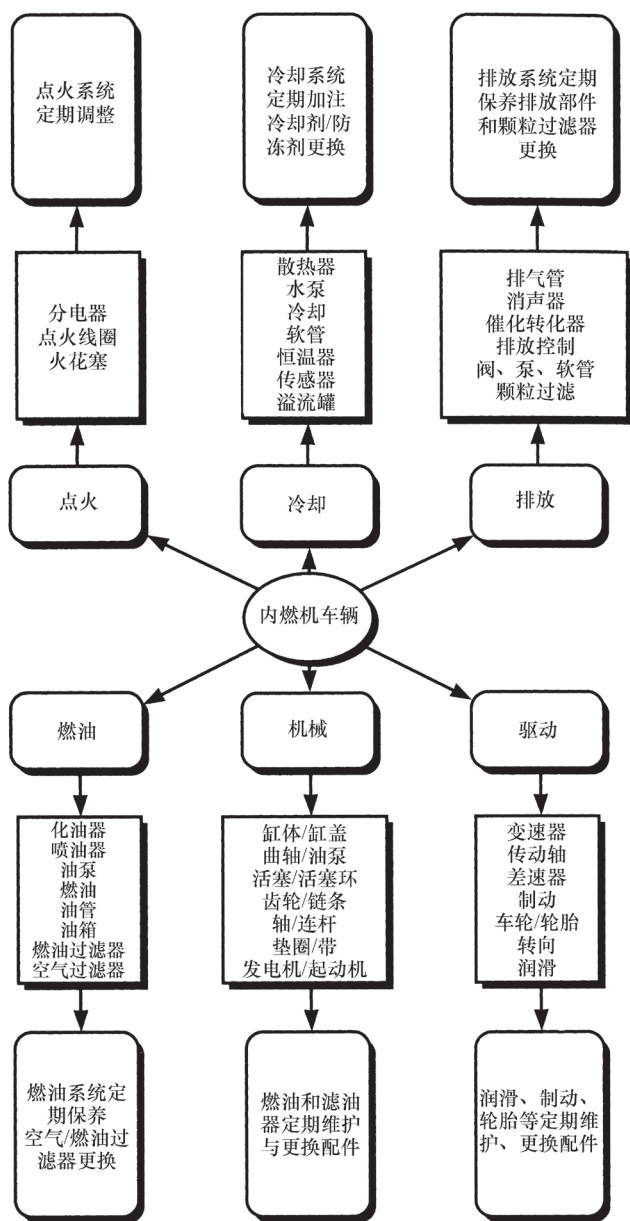


图 1-3 内燃机汽车系统简图

如果你用燃油汽车底盘改装电动汽车，那么你就为环境保护做了双重贡献，因为马路上少了一辆排污汽车，多了一辆零排放汽车。

通过刚才一对一比较之后，我们对电动汽车和内燃机汽车的差别有了初步认识，下面我们再进一步了解一下电动汽车。

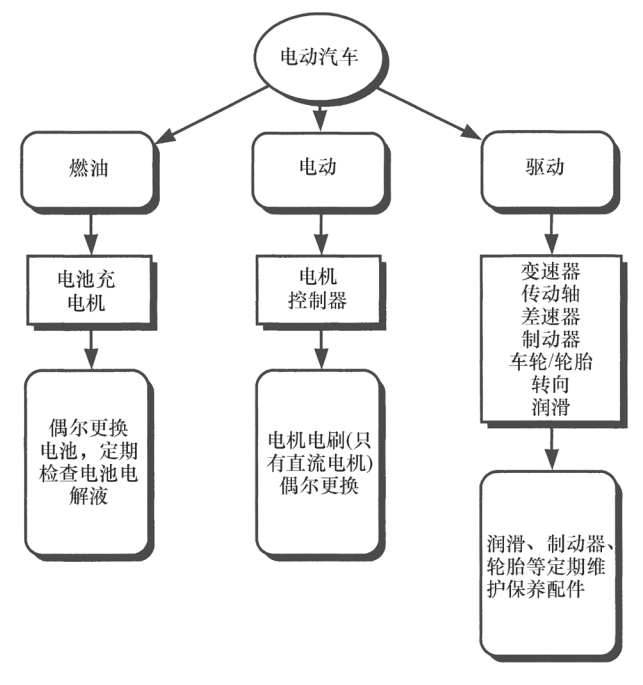


图 1-4 电动汽车系统简图

1.2 什么是电动汽车？

电动汽车由电池、电动机和控制器组成。其中电池提供能量，电动机驱动车轮，控制器调节流入电动机的能量。图 1-5 就是电动汽车构造框图，它看似简单，其实不然。

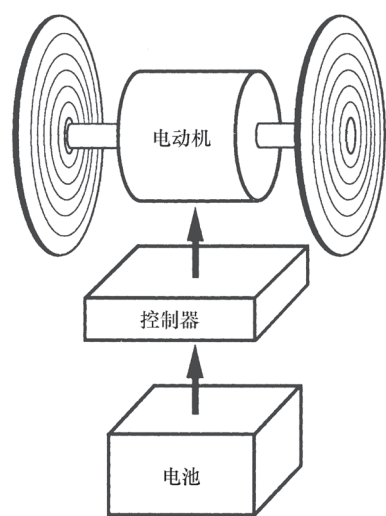


图 1-5 电动汽车构造框图

➤ 电动机

电动机的尺寸、安装位置和用途多种多样。它们既可以像房子一样大，也可以像指甲盖一样小。只要有电它就能工作，身影简直无处不在。

我们每天不经意间都会接触到很多电动机，比如闹钟、电视、咖啡机、电动剃须刀、电动牙刷、电吹风、榨汁机、搅拌机、吸尘器、洗衣机、烘干机、地铁检票机、电梯、电脑、手机、传真机、复印机、扫描仪、电风扇、加热器、空调等。

在燃油汽车中，你也会碰到诸多电动机，比如起动机、空调、散热器、刮水器、电动座椅、车窗、车门锁、后视镜、天线等。

➤ 电池

不管走到哪里我们都离不开电池。电池可以通过充电器恢复电量。电池的种类有很多，有铅酸电池、镍氢电池、锂离子电池。这些都可以用于电动汽车，并在车辆行驶过程中通过车载发电机为其充电。

如今锂离子电池、纳米磷酸盐电池、锂空气电池和其他一些电池科技正在日新月异发展，其市场价格也日趋低廉，这些都无形中推动着电动汽车的发展。未来，我们可以预测到电池价格将会进一步降低，使得电动汽车的成本为大众所接受。

➤ 控制器

如今的控制器越来越智能，交流驱动系统应用得越来越多。控制器能精确地控制电动机。就像科技发展使电脑从房间里的庞然大物缩小成桌面上的便捷工具一样，如果不考虑电源、电流、电动机类型，那么控制器的尺寸可以根据需要任意设计，方便地安装在发动机舱盖下面。

在本书第1版发行的时候，电动汽车从技术成熟度和功能上来讲，还像一个电动剃须刀、便携电动工具或者厨房用具一样简单，而如今的电动汽车在复杂性和功能方面，则更像手提电脑、智能手机或平板电视一样。

1.3 你开过电动汽车吗？

加利福尼亚州空气资源委员会正式颁布鼓励电动汽车、混合动力汽车和燃料电池汽车发展的法令，其他各州也开始争相效仿。这时没有人是出于保护环境角度去考虑

购买、制造和改装电动汽车的，而是出于如下原因：

➤ 电动汽车提供“全体验”

说到不如做到，纪录片《谁消灭了电动汽车？》（2006 年）和《电动汽车的复仇》（2012 年）就印证了这句话。随着大众越来越多地参加电动汽车研讨会、电动汽车赛事、电动汽车协会在全世界举办的会议，以及观看相关的影片、亲身驾驶电动汽车，人们对电动汽车有了较完整的体验，并且很享受这个过程。于是，一传十，十传百，人们对电动汽车的兴趣开始萌动。

➤ 电动汽车的驾驶乐趣

想象一下，汽车启动时不会发出任何声音，只有仪表盘里的电量表 / 燃油表能告诉你，汽车已经启动了。这是令众多电动汽车驾驶者惊讶的一个原因。最近，我们地方电视台 11 频道 WPIX 节目记者采访我时，体验了一辆混合动力轿车，他们对其静音行驶和加速性能感到非常惊讶。

当我供职于纽约电力公司时，曾经鼓励人们体验电动汽车。我常说，一旦你开了电动汽车，就想永远开着它。千真万确，体验过电动汽车的试乘者，脸上总会挂着满意的笑容，多数会激动地问“我能从哪里能买到它？”

电动汽车不但实用，而且驾驶起来趣味无限。拥有它的人纷纷都说已经彻底上瘾了。开着它体验静音行驶带给你的惬意感觉，没有丝毫噪声。就像我跟朋友说的一样：你终于能够听到真正的立体音响了。

电动汽车是驾驶方式的一大革新，而且给国家做出了巨大贡献——大大降低了我国对进口石油的依赖。

不管你是购买通用 EV1、日产 Leaf、特斯拉 Roadster、福特 Focus、Fisker、丰田 RAV4、TH!NK City、Solectria Force 的电动汽车，还是从保时捷 914、福特 Ranger 改装成的电动汽车，都可以享受到爽快、安静、充满科技感的出行体验。

相信我，只要你的汽车上写了“电动轿车”、“电动汽车”这样的字眼，那么在红绿灯下、购物广场、加油站和高速公路上，你的座驾都会成为焦点。有一次，我就开着丰田 RAV4 在曼哈顿西侧高速公路上行驶，没关车窗，便引来人们络绎不绝的围观和提问：

- “这是一辆电动汽车吗？”

- “我什么时候才能买一辆？”
- “它能跑多远？”
- “它是像人们说的那样好吗？”
- “真是一辆不错的座驾！”

你还可以把它停在显眼的位置，像图 1-6 那样打开车盖，等待第一个路人来问你问题。



图 1-6 “发动机在哪儿？”（2010 年纽约国际车展上展示的 DeLorean 电动轿车）

在驾驶过程中，你收获的是尊敬、自豪和新潮。我还有一个建议，你可以多查一些关于电动汽车的资料，以便你和大家聊天的时间能控制在 5 分钟内。如果你只是想结交朋友，那么就把车上的“电动汽车”字眼弄得更显眼一些，这样你就永不会缺少同行者。

第一个吃螃蟹的人头上总是罩着神秘而炫目的光环，你会立刻成为街坊邻居瞩目的焦点。因为你驾驶的汽车，他们只是听说过而已。未来每个人都可能会拥有一辆电动汽车，但是你现在就已经开上了。20 世纪 50 年代，第一批电视机在美国问世时，人们都会挤到第一个拥有黑白电视机的邻居家里看新鲜。你若驾驶电动汽车，同样的事情也会发生在你身上。而且不用花多少钱，你就能实现低碳生活。

➤ 电动汽车帮你省钱

前面我们说的都是电动汽车带给你的精神享受，下面我们谈谈电动汽车带给你的物质实惠。电动汽车的驾驶者都会告诉你，这车既可靠又省钱，能带你去任何想去的地方。下面我们从操作、购买和寿命周期成本角度来分析一下如何帮你省钱。

使用费用

电动汽车只消耗电能，在两次充电之间只需要补充一些风窗玻璃清洗液，做做内部清洁工作。后面还会详细介绍这些数据，但是在第 10 章我们会讲到电动汽车的使用费用，大概是每英里 7.3 美分，而燃油汽车大概是每英里 27 美分——3 倍于电动汽车的开销。

购买费用

市面上电动汽车的价格如今已不像从前那样高不可攀，而且电动改装车的价格要比从电动汽车生产厂家购买还要低 99%。

你可以把内燃机汽车改装成电动汽车。把内燃机及其所有系统取出，然后放入电动机、控制器和电池。如果你使用旧的燃油汽车底盘，那么会省更多（因为它摒弃了原有传动系统，后面的章节会讲到这一点。如果你是用保时捷或其他高端轿车改装的，那这一点会更加明显，因为从你计划购买保时捷轿车的那天起，就说明你愿意为你的汽车花更多的钱。）

内燃机汽车底盘的价格也必须考虑进去。

如果你用一辆新车改装的话，起码得花 10 000 美元以上。一台好的旧底盘可能仅花 2000 美元～3000 美元。所以加起来总价应为 8000 美元～25 000 美元。这比购买成品电动汽车的价格要便宜多了。如果你会货比三家或者挑选物美价廉的零部件，则价格还会更低。当然，如果你打算采用全新的法拉利 Testarossa 底盘或打造一辆钛合金结构的敞篷跑车，价格就会高一些。

➤ 电动汽车可以定制

电动汽车也可以进行模块化的更新。有更好的电动机和控制器了？找到了更高效的电池了？只需把旧的拿出来，把新的安装进去就行了。这样你就不用再去买新车了，而且可以不断地把最新的科技成果应用其中。

电动汽车通过改装可以很轻易地满足特殊要求。即使在电动汽车规模化生产的时

候，也不会制造出满足每人要求的特定车型，因为其造价太高。但是专业改装店可以为北方的驾驶员安装加热器，为南方人安装制冷器，为中部地区的车主安装空调。第4章将介绍现在正运营的专业改装店。

➤ 电动汽车安全第一

电动汽车是一种更安全的交通工具，对安全意识较强的驾驶者来说是一种福音。电动汽车之所以称为零排放车辆，就是因为它行驶和停车时不会产生排放物。其实，电动汽车停车后，电动机就不转了，也不会再消耗能源。

就像我的同事 Brian Clark Howard 在“美国绿化生活网”上写道的：

发展电池科技是清洁能源车辆发展的关键一环。正如雪佛兰 Volt 电动汽车生产线总监 Tony Posawetz 最近荣获“最受欢迎技术突破奖”时所说：“我们将用电力驱动未来。电池技术已经实现突飞猛进的发展，但是我们的客户需求也越来越高。”

“美国绿化生活网”最近收到读者 Kathryn Mayer 的邮件说道，她正考虑买一辆 2011 款现代索纳塔混合动力汽车。但是，一位朋友的话让她有所迟疑：电池寿命用尽以后该怎么办呢？这位朋友认为电动汽车的电池比传统汽车要多，那就意味着废弃电池的毒害性会更大。那么驾驶电动汽车对环境的保护作用是否就一笔勾销了呢？

这里，Kathryn Mayer 的朋友需要知道以下几点：

(1) 电动汽车电池的保质期很长。拿雪佛兰 Volt 来说，其电池寿命可达 8 年之久。2011 款现代索纳塔混合动力汽车则更长，可达 10 年。相比之下，通用汽车公司传统汽车的电池质保期只有 3 年或 36 000 英里。

(2) 传统汽车的电池是有毒性的。标准的汽车 12 伏蓄电池基于铅酸化学工艺，铅是有毒的，一旦渗入地下水就会引发人类疾病。而电动汽车的电池主要是镍氢电池 (NiMH) 和锂离子电池 (2011 款现代索纳塔混合动力汽车用的就是锂电池)，虽然这些材料并不是完全无害，但比铅要安全得多。(的确，包括日产 Leaf 在内的许多清洁汽车除主电池外也使用传统电池，用于起动车辆或其他功能，但是我们必须指出，新的电池比这些使用多年的传统电池要环保得多。)

(3) 汽车公司正在建设电池回收设施。电动汽车电池寿命较长，尤其是目前电动汽车的消费者还不多。用日产公司产品策划副总经理 Larry Dominique 的话来说，我们有时间来解决这个问题。他告诉《大众机械》大会专家组说，汽车行业正致力于支持废弃电池处理和回收利用。如今，在美国一些州，往普通垃圾箱里扔废弃锂电池是违

法的。锂是很有价值的材料，所以重新利用这些部件有很好的经济效益。

这与燃油汽车形成鲜明对比，后者在停车和行驶过程中不仅耗油而且产生严重污染。电动汽车显然是减少污染和能源消耗的有效方法，但是本节主要是针对安全而言：电动汽车驾驶者不会被自己排放的烟雾呛到。电动汽车很容易做到无限改装。想要更好的加速性能吗？装一台更大的电动机就可以办到。想要更远的续驶里程吗？想要更快的速度吗？

拥有电动汽车的方式很多：购买、改装或制造等，全由你自己决定，没有标准，鲜有规范。目前使用的传统燃油汽车底盘的主要安全规范已经形成。其他涉及购买、安装、使用和维护电动汽车改装部件的安全规范将在后面几章中阐述。

Bob Brant 解释道：“电动汽车不用随车携带燃料，不用 2 万伏的火花塞点火电路，不用高温废气歧管、催化器和散热器。”

燃油汽车还可能引起：

- 发动机舱火灾（由点火系统或热歧管引起）
- 散热器冷却剂爆炸（因不当移除散热器盖引起）
- 其他不必要的麻烦事

复杂的燃油汽车系统和极其简单的电动汽车系统对比如图 1-3 和图 1-4 所示。

电动汽车拥有者不用为燃油、防冻和过滤等事情烦恼。对于铅酸电池和锂电池的顾虑我们会在第 8 章进行详细探讨，大部分电池都是可回收利用的，所以这些顾虑也大大可消除。

从另一安全层面来讲，因为电动汽车不制造噪声污染，所以有的行人可能会察觉不到驶近身边的电动汽车。美国盲人联合会曾向美国国会上书，提议把电动汽车增加警示音的标准写进国家排放条例中。联合会主席 Marc Maurer 表示他不想回到汽车轰鸣的时代，只是希望电动汽车能发出一些警示音。“我不想行走在满是噪声的街道，也不想被安静驶过的汽车撞到。” Maurer 说。

制造商们也意识到这个问题，但还没有做出任何保证。丰田汽车美国销售公司发言人 Bill Kwong 说，丰田公司内部正在对这一问题进行研究。

“Prius 的一大优点就是不仅燃油经济性高、排放低，而且行驶起来没有声音。它不仅不会污染大气，而且也不会制造噪声。” Kwong 说，“我们正在研究这个问题，期待找到它们之间微妙的平衡。”

国际汽车制造商协会和美国汽车工程师学会也正对此问题进行研究。他们考虑

“给混合动力汽车制定一项增加警示音的标准。”国际汽车制造商协会安全负责人 Mike Camissa 说道。

➤ 电动汽车保护环境

拥有电动汽车就是你致力于环境保护事业的一大明证。第 2 章将讲述选择电动汽车对保护环境的具体好处。电动汽车不会排放尾气，而且其所有东西都是可循环利用的。电动汽车不仅是最现代、最高效的交通工具，而且也有助于帮我们实现低碳生活。

以前，我曾与上百名电动汽车使用者一同工作过。但是如今，汽车公司所制造的混合动力汽车价格还不够便宜，这也是丰田 Prius 每年发展所遇到的一个问题。每项新技术都会面临这个问题。人们购买电动汽车、混合动力汽车和插电式混合动力汽车并不单纯是因为产品好，更重要的原因是这是一件正确的事。

一旦汽车公司为电动汽车提供自由市场与燃油汽车进行竞争，人们将纷纷选择前者。除了特斯拉、日产 Leaf、福特 Focus 之外，他们现在可以购得的电动汽车市场很有限。自由市场对于电动汽车来说还不盛行。美国现在每年为燃油工业提供 20 亿美元的补贴，而对于电动汽车行业只提供 16 亿美元。

A123 系统公司的锂离子电池和控制器（如交流驱动系统）的价格正在下降，因为我们正用美国科技制造电动汽车，并且成为当今世界在这一交通领域的领航者。

1.4 关于电动汽车的一些传言

有四种关于电动汽车的传言并不属实，下面我们进行一下澄清。

➤ 传言一：电动汽车跑不快

其实，电动汽车可以想跑多快就跑多快——只要选对车型。拿我在纽约驾驶的 TH!NK City 电动汽车为例。我在红灯前和一辆福特小轿车在同一条线上，它的车主想看看电动汽车到底能跑多快，我说“肯定能打败你。”他说，“你疯了吗？”这时绿灯亮起，我踩了一脚加速踏板，速度之快令他万分惊诧。街上的人们都尖叫道：“快跑啊！”我体会到“秒杀”的滋味。当我们在下一个红绿灯路口相见时，他问我：“哪能买到它？”足以说明一切。

另一个真实的故事发生在 2009 年，我当时和一位朋友在曼哈顿大街上测试一辆特斯拉敞篷跑车。当我们开车环绕小镇时，跑车的静音性和可操作性给我的朋友留下

了深刻印象。然后我们驶入一条交通状况很好的大街，开始加速，速度在 3 秒钟内从 0 英里 / 小时加速到 50 英里 / 小时，10 秒钟后制动。因为错过了停车场，所以我又加速行驶，在停车场刚好停车，这辆车的销售代表正在等我们。下车后我朋友说：“我父亲曾对我说电动汽车就是辆高尔夫球车，但是今天看到这辆车后，如果市面上有的话，我愿给每个家人都买一辆。”

➤ 传言二：电动汽车续驶里程有限

实际上，电动汽车的续驶里程能满足大多数人的需求。别忘了，本书只是提倡将电动汽车改装车作为你的第二辆私家车。虽然锂离子电池能大大增加其续驶里程，还有人曾驾驶电动汽车穿越国界，但是现在还不是你长途旅行的最佳选择。

但是，它的续驶里程到底是多少呢？联邦政府调查报告显示，美国居民每日通勤里程平均为 10 英里，而且这一数据 20 年来变化都不大。更早的一份调查显示 98% 的汽车每日行驶里程不超过 50 英里，大部分人都只是在本地行驶，很少跑长途线路。行驶里程达 100 英里以上的旅程仅占 17%。

一份 2011 年《电动汽车世界》报告显示：

虽然电动汽车才刚刚在美国公路上崭露头角，但是最近来自尼尔森能源的调查报告显示，它们的出现应该会大受欢迎。85% 的美国消费者表示他们有兴趣购买一辆插电式电动汽车，其中 3% 表示想立刻购买，57% 表示等手头的车需要更新换代时再买，25% 表示等电动汽车科技成为主流时再买。

美国主要独立能源供应商之一麦克斯能源公司的执行总裁 Jeffrey Mayer 就是这部分等不及的消费者之一。他是第一批订购雪佛兰 Volt 电动汽车的人。“雪佛兰 Volt 和其他插电式电动汽车代表着可持续发展跨上了一个崭新的台阶”，Mayer 说，“电动汽车的大规模生产可能还只是个梦想。我就是这等不及梦想成真那一天的人。”

美国的车主对于电动汽车也有自己青睐的车型。58% 的消费者倾向于购买插电式混合动力汽车，例如雪佛兰 Volt。插电式汽车的续驶里程要比纯电动汽车远。年轻的消费者则倾向于购买纯电动汽车。Mayer 说，不管人们选择哪一款，我们都会欣喜地看到美国公路交通的清洁化。

人们认识到降低对进口石油依赖的重要性，并且开始尽全力减少对环境的破坏。电动汽车的面市正是汽车工业可持续发展的转型时刻。

即使在本书第 1 版发行的 90 年代，通用汽车公司展开的一项调查结果也与今天的

结果相差无几（调查从波士顿、洛杉矶和休斯敦的驾驶人中取样）：

- 大部分人驾驶距离并不远
- 40% 以上的旅程都在 5 英里以内
- 仅有 8% 的旅程超过 25 英里
- 将近 85% 的驾驶人每日驾驶距离在 75 英里以内

如果你将车重保持在 3000 磅以内的话，如今任何一辆 120 伏电动汽车改装车——使用现成的零部件改装——都能跑 75 英里。

这就意味着电动汽车可以满足 85% 以上的驾驶人需求。如果在上班路上还能遇上一个充电桩或充电站的话，那么其续驶里程可以翻倍。另外，如果续驶里程真的很重要的话，那就把你的电动汽车优化一下，就这么简单。

➤ 传言三：电动汽车不方便

这种看法真的很不聪明。汽车公司都抱怨过国内没有足够的充电设施，驾驶人无法像加油一样随时给电动汽车充电。一个很热议的话题就是“假设你正开着车，但是离家还很远电就用光了，该怎么办？”那么我的回答便是“像燃油汽车没油一样，给 AAA（美国汽车协会）打电话或者叫一辆拖车来帮忙。”

我在博客上发表了一篇博文，是关于美国领先的电力和自动化科技集团 ABB，发表收购 Epyon BV 公司的声明。Epyon BV 是提供电动汽车充电设施解决方案的早期开拓者之一，其主要聚焦于直流快速充电站建设和网络充电机软件的开发。这次收购是 ABB 集团向全球扩展电动汽车充电设施战略的一部分。

“这次收购为 ABB 集团在研发竞争性产品、开发关键网络管理软件和建立汽车维修服务商业模式方面提供了捷径。”ABB 集团 Discrete Automation and Motion 部负责人 Ulrich Spiesshofer 说。Epyon 公司执行总裁 Hans Streng 将作为经验丰富的行业领导者继续工作，他说：“ABB 的品牌效应和强大的国际市场优势将推动 Epyon-ABB 合作事业茁壮成长，这也为重要的客户和合作伙伴提供了合作机会。ABB 广阔的电力电子平台及其全球制造、供应、营销和服务网络与 Epyon 的现有事业形成良好互补。”

而且对 ABB 集团来说，日渐增长的电动汽车数量也为充电设施建设提供了全球市场机遇，包括采用更加成熟的监控系统和软件来支撑电网建设。据 Pike 研究报告称，电动汽车充电站销售额将有望在未来 5 年里迅猛增长，至 2015 年全球将达到 160 万个。

电动汽车的确非常方便。充电就像找到离你最近的电源插座一样方便，尤其是对于使用 110 伏电压的电动汽车改装车来说就更容易了。理由如下：

- 你可以在任何加油站获得电源——所有的加油站都有电源。
- 你可以在其他许多地方获得电源——美国一般的家庭和营业场所都有电，这些都是你可以间接获得电源的方式。
- 除了你是在美国西部沙漠行驶，在美国大部分地区 75 英里内一般都可以找到电源，而欧洲和日本就更容易了。
- 在任何地方都可以充电的能力是电动汽车的一大亮点。如果你在公寓里，而且能辟开一块地方为它充电，还有一个更好的建议：再安装一个简单的电子设备，当有人打算偷车时，能给你提供信号。

电动汽车能有多方便呢？在如今的文明世界里，很少有你开车找不到电源插座的地方，你唯一要做的事情就是喝杯水等一会儿。电力存在于任何地方，你只需找到插入电源的办法。如果你的电动汽车有车载充电机、延长电线和插头，那么充电就变得像去邻居家借一杯盐那样容易。当然如果是后一种情况的话，你还得准备一些小费才合适。

➤ 传言四：电动汽车很昂贵

如今电动汽车生产规模确实不大，但是对于电动汽车改装车来说，其价格并不一定很贵。例如日产 Leaf 的价格现在就很具竞争性。就像我们在本章前面的部分提到过，电动汽车的购买和维修费用与传统汽车差不多，而使用费用比后者要低得多。从长远来看，未来的量产和科技进步将进一步降低电动汽车的价格。

“吉普林个人理财”杂志副总编 Jessica L. Anderson 曾发表过一篇题为《雪佛兰 Volt 和日产 Leaf 的定价稍高，但使用成本较低》的文章，内容如下：

本年第一季度电动汽车的销售额提高了将近 40%。其主要原因就是高涨的油价。根据 Maritz 市场调研公司的一项研究显示，有超过 1/3 的消费者认为燃油经济性是他们购买下一辆汽车的最主要考虑因素。

把混合动力汽车、柴油汽车和纯电动汽车对环境的影响避而不谈，到底哪一个对消费者来说更实惠呢？混合动力电动汽车的价格比同档次的燃油汽车定价平均要高出 3300 美元。而柴油汽车平均要高出 2800 美元。雪佛兰 Volt 和日产 Leaf 这两种电动汽车则高出 18 000 美元。但是长期使用的成本才应该是购买价值的真正衡量标准。

算算经济账

以 Vincentric 汽车数据公司的调查为准，我们将 2011 年使用混合动力汽车、柴油汽车和纯电动汽车的 5 年成本和对应的燃油汽车作比较。在大部分案例中，采用不同动力系统的同型号的汽车进行对比。当一辆混合动力汽车（以 Prius 为例）没有同型号汽车做对比时，我们选择同等配置的汽车进行对比。

假设每年驾驶 15 000 英里，普通汽油价格是每加仑 3.64 美元（每升约折合人民币 5.97 元），高标号汽油价格是每加仑 3.91 美元（每升约折合人民币 6.41 元），柴油价格是每加仑 3.97 美元——这是全美夏季早期的平均价格——每种燃油每年有 3.5% 的上涨浮动。此外，还把汽车折旧费、保养费和维修费、5 年车贷、保险和税费统统算进来。雪佛兰 Volt 和日产 Leaf 作为电动汽车范畴，需要缴纳 7500 美元的税，也算进来。

最优方案

油价对于生产绿色轿车来说意义非凡。两年前，当油价还在每加仑 2 美元徘徊时，混合动力汽车和柴油车的经济性并不能得到良好体现。但是现在油价已接近每加仑 4 美元，更多的消费者将选择购买绿色轿车来节省开支。

可能更大的惊喜是尽管雪佛兰 Volt 和日产 Leaf 的定价稍高——价格将近两倍于雪佛兰 Cruze LTZ 和日产 Versa S 燃油汽车——但是它们使用 5 年的成本价却相当低。雪佛兰 Volt 的 5 年成本比 Cruze 仅多出 1600 美元，日产 Leaf 比 Versa 仅多出 800 美元。

此外，丰田公司最近的报告显示：

2012 款丰田 RAV4 电动汽车即将上市。我们预期大众会对它抱有浓厚兴趣，并且还想告知消费者未来的选择中还包括一款丰田纯电动汽车。

丰田公司在 2012 年推出两款纯电动汽车车型——丰田 RAV4 和 Scion iQ 电动汽车。二者不同的是，RAV4 是面向大众，而 Scion iQ 仅面向车队和汽车共享项目。

2007 年 3 月 8 日，印度艾哈迈达巴德 Archana Mohanzai 在报告中称：

Reva 电动汽车达到如下记录：700 多辆 Reva 汽车在伦敦街头行驶，创全世界任何城市同一型号电动汽车驾驶数量之最。该公司去年在全世界的电动汽车销售额最高，在接下来的 4 ~ 6 个月将达到 1000 辆。

现在该公司有 1800 辆电动汽车正在路上行驶，其中有 1000 辆在印度，其他的都在伦敦和英国的其他城市。

1.5 电动汽车的缺点已经减少或消除

如果下述任何一点对你来说很重要，你可能得换一种行事方式。

如前所述，在美国不会有跨国旅行。现在电动汽车越来越成为国内旅行的一种最佳方式。虽然有些地区还不太现实，但是在有些长途线路上已经建有充电设施了。在这些设施建成之前，你最好随车携带充电线。

但是我没说你不可以乘坐飞机或者租赁一辆电动汽车去远行，对吗？火车、混合动力客车（很快将会是纯电动客车）或租赁一辆电动汽车都是可行的。

1.6 是时候打造你自己的电动汽车了

不管你是打算购买、制造还是改装电动汽车，你都需要时间做这件事情。现在电动汽车销售商和改装商已逐步实现网络化。最高级的控制器和电动机都需要时间去生产，这也可能会减缓你的改装进程。但是，随着对这些产品需求的增加，供应量也会增加，从而也会缩短其生产时间。但是，几周至几个月的时间还是需要预备的。

同样，电动汽车的转售（如果你打算卖掉你的电动汽车的话）时间也会很长。虽然现在电动汽车市场已经存在，但是比起去当地汽车经销商购买燃油汽车来说还需要更长的时间。

今天你看到的电动汽车的发展只是冰山一角。将来的技术进步将使它们速度更快、续驶里程更长、效率更高。

下面有五个理由保证电动汽车将在未来一直陪伴我们。这仅有一个先前没有谈到的原因就是科技发展。所有现有的汽车科技都是基于内燃机汽车发展的，未来科技的发展将更多地从环境角度考虑。内燃机汽车的技术生命已接近尾声。几乎所有满足当今平均燃油经济性需求的技术革新都要通过电子科技来实现。燃油经济性是根据美国环境保护署测试出的汽车消耗每加仑汽油所行驶的英里数。

美国国会决定到 2020 年，所有新上市轿车的燃油经济性必须达到 55 英里 / 加仑。因为电动汽车的经济性远远超过这个数字，所以它将是你的最佳方案。

另外，一旦锂电池技术形成标准，电动汽车的续驶里程将达到 300 ~ 600 英里。毫无疑问，电动汽车的未来前景是光明的，因为：

- 驾驶和拥有电动汽车是一件趣事
- 电动汽车价格实惠

- 电动汽车性能优良
- 电动汽车很环保

以上任何一条理由都引人注目，把它们加在一起更是令人惊叹。

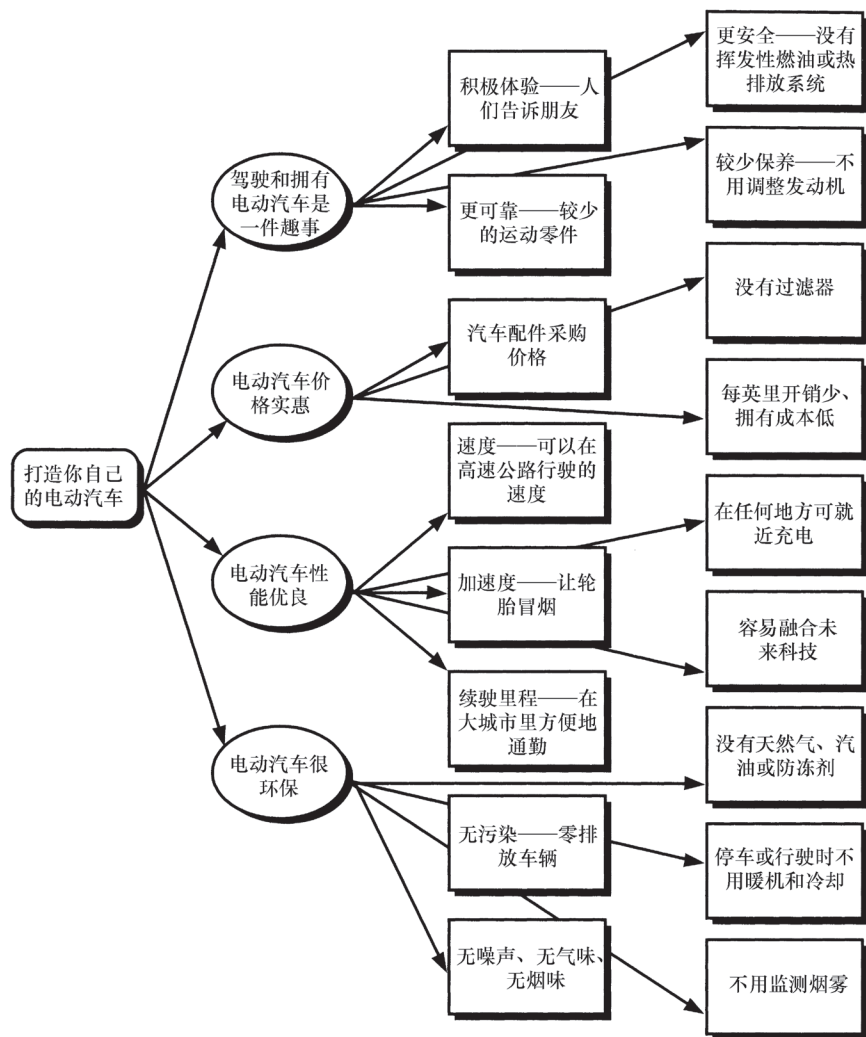


图 1-7 电动汽车将在未来一直陪伴我们的四个理由

就像我 2011 年在自己网站上写的一样：

在 6 个月内，电动汽车驾驶人（比如日产 Leaf、雪佛兰 Volt）将可以在华盛顿高速公路上充电。华盛顿交通局挑选了蒙罗维亚、加州航空环境公司把 5 号洲际公路和 US2 号洲际公路建设成 21 世纪新型洲际公路，来为新一代电动汽车服务。

该航空环境公司在 6 个同时竞争的公司之中脱颖而出，计划用 100 万美元把 5 号洲际公路和 US2 号洲际公路实现电动化。它包揽了制造、供应、安装和运营 9 条快

速充电站网络工程。这些充电站将以 40 ~ 60 英里的密度,建造在加拿大和美国埃弗雷特市之间以及奥林匹亚市—俄亥俄州的 5 号洲际公路和埃弗雷特市—莱文沃思市的 US2 号洲际公路沿线。

“充电站网络将连接华盛顿州、俄亥俄州和加拿大,这将使电动汽车对于消费者和商人来说更有吸引力,并使交通方式更加环保。”华盛顿州交通局长 Paula Hammond 说。她表示,加州航空环境公司提供了可持续发展交通所需要的高新科技。

这些快速充电站将于 11 月 30 日投入运营,给一辆车充满电仅需 30 分钟。每个充电站还会带有一个二级中速充电站,收费较低,充电时间大概在 4 ~ 6 小时。这些充电站将建设在高速公路入口附近的零售点周边,比如购物商场、加油站和服务中心等。

在艾弗雷特市和奥林匹亚市之间的区域将通过美国能源部的联邦项目建设附加充电站。这一项目将为华盛顿驾驶人贯通加拿大和俄亥俄州之间总计 276 英里的 5 号洲际公路。

“华盛顿州作为美国具有领先水电生产能力的州,是支持零排放电动汽车的理想载体”,加州环境航空公司副总裁兼高效能源系统总经理 Mike Bissonewte 说,“将 5 号洲际公路实现电动化,不仅仅是清洁未来的愿景,而且是今天美国经济建设的使命。我们将和华盛顿州政府合作,一起将这一愿景变为现实。”

当加州航空环境公司帮助华盛顿州建设电动汽车充电网络的时候,也同时通过俄亥俄州交通部门的相关项目帮助俄亥俄州实现了 5 号洲际公路的电动化。这两个项目与电动汽车项目形成互补,将在 6 个州建设上千座家庭和公用式电动汽车充电站,其中包括华盛顿州、俄亥俄州和加利福尼亚州。华盛顿电动高速公路基础设施建设是未来西部海岸绿色公路建设的一个关键组成部分,一旦建成,它将实现加拿大到墨西哥总计 1350 英里公路充电站网络的无缝衔接,为未来 10 年华盛顿州、俄亥俄州和加州 200 多万辆电动汽车服务。

人人想要绿色电动汽车

就像 2011 年我在自己网站上写的那样:

根据 J. D. Power 团队 2011 年美国绿色汽车报告显示,替代能源汽车的销售将受限于消费者对于价格和功能的考虑。尽管接下来几年中,替代能源汽车将有飞速增长,但为了抢夺数量相对较少的驾驶绿色出行工具的消费者,汽车制造商们将展开激烈竞争。

一项研究针对美国消费者对于四种替代能源科技:混合动力汽车、清洁柴油汽车、插电式混合动力汽车和纯电动汽车的态度进行了调查,并根据其对于购买下一辆汽车

的考虑因素进行了评级。

结果显示，对于大多数消费者来说，实惠比环保更重要。

对于大多数消费者来说，实惠比环保更重要

消费者把拥有替代能源汽车节省燃油开支作为首要考虑因素，但事实是购买这些汽车的初始成本非常高。

降低燃油开支是消费者选择替代能源汽车的首要动力，尽管消费者自身认识到这些汽车对于环保的作用，但是在环保价值与是否降低燃油开支两者之间，后者对消费者的影响要大得多。比如在打算购买混合动力汽车的消费者中，有 75% 的消费者把节省燃油开支作为主要考虑因素。相比之下，只有 50% 的消费者把环保作为主要考虑因素。

没有选择替代能源的消费者也知道替代能源汽车能够节省燃油开支，但是替代能源汽车售价高而且还有一些明显的缺陷，包括续驶里程和汽车性能。他们更愿意选择燃油经济性更好的传统内燃机汽车。

“替代能源汽车为主流市场所接受还面临一系列挑战。” J. D. Power 团队全球汽车研究负责人 Mike VanNieuwkuyk 说，“这是一个引起消费者共鸣的经济问题，是汽车本身的价格高还是充电保养费用高。大部分消费者的选择底线还是希望产品绿色环保，而不是这种环保是否会给他们带来较高的成本负担。”

据 VanNieuwkuyk 所述，替代能源车辆的价格——尤其是混合动力汽车的价格——在 2011 年成为消费者考虑购买的重要因素。《2005 年能源政策法案》的税款减免条款于 2010 年底终止。

“混合动力汽车已经进入市场十多年了，消费者对其认识和理解也逐渐增长。” VanNieuwkuyk 说，“随着人们对其功能和性能的担忧减少，价格日渐成为影响消费者购买意愿的首要因素。因为税款减免政策终止了，消费者就要承担起这部分开支。政府补贴不是可持续发展的长久之计，最终需要靠科技将价格降下来。”

尽管电动汽车存在较高溢价，但是消费者更加关注其功能如何。续驶里程和充电便捷性是消费者不愿购买电动汽车的两个主要因素。这种“续驶里程焦虑”成为消费者选择替代能源汽车的最大阻碍。

对于清洁柴油汽车来说，燃油价格和加油方便性——这些都不由汽车生产商所控制——成为长期阻碍大众接受这项科技的主要因素。此外，对于老式柴油汽车的消极认知也误导了人们对于清洁柴油汽车的认识，比如经常提到的废热、废气排放问题等。

“清洁柴油汽车的提倡者一般都是使用这项科技的消费者，他们将这项科技的好处

广为宣传。” VanNieuwkuyk 说,“但是,这群消费者的规模总是很小的。清洁柴油汽车科技不仅需要继续和价格、加油方便性做斗争,还要和人们对老式柴油汽车的肮脏形象做斗争。”

给汽车生产商的启示

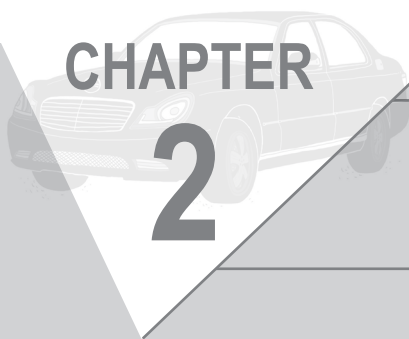
总的来说,研究显示大众对于替代能源汽车的兴趣还是较为积极的。但是,将兴趣变为实际购买力还需要科技进步和基础设施的完善,来降低消费者的开支。

J. D. Power 团队预期到 2016 年底,将有 159 种混合动力汽车车型上市,这与 2009 年的 31 种车型相比是个巨大进步。VanNieuwkuyk 说,尽管如此,汽车生产商和政府机构还有大量的工作需要做,来让消费者对于选择这项技术的成本和好处有正确的认知。只有通过推广和教育,才能使美国消费者乐于投入财力,改变其生活方式,实现传统汽车向替代能源汽车的跨越。

《2011 年美国绿色汽车研究》将 J. D. Power 团队关于初级消费者的研究、社会舆论和相关销售数据结合起来。该研究对 4000 余名想在未来五年内购买新车的消费者进行调查,并于 2011 年 2 月展开研究。

1.7 打造属于你的电动汽车

未来就在眼前!自己动手还是请他人代劳都行,但不要认为电动汽车与你无缘。它将成为我们经济生活中交通领域的重要组成部分。



CHAPTER

2

第2章

电动汽车既节能又环保

消费者对混合动力电动汽车抱有一如既往兴趣的同时，又对插电式混合动力汽车和纯电动汽车产生了新的兴奋点。这对于我们的星球来说是一大福音——尤其是想在国际化大都市实现零排放和优质空气质量。与此同时，对能源的使用也大大减少了。

2.1 为什么说电动汽车环保？

电动汽车是零排放车辆。它们不会产生对大气有害的化合物。即使电动汽车的电力来源于火力发电站，其能源利用效率也比燃油汽车高一些。从另一方面来说，内燃机输入和输出的所有物质都是有毒的，而且是效率最低的机械设备之一。

同时，内燃机还会产生诸多环境问题（图 2-1）。现在数十亿汽车都采用内燃机，将这些问题更加扩大化了。内燃机汽车的最主要问题如下：

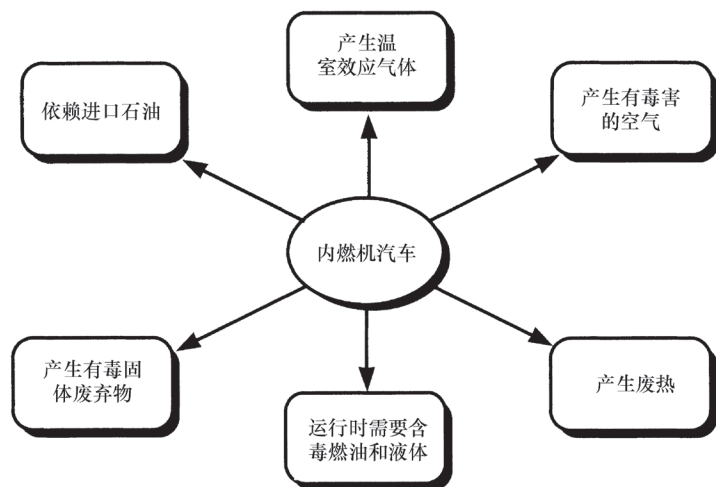


图 2-1 内燃机汽车产生的问题

- 依赖进口石油（造成环境危机和国家安全危机）
- 温室效应（造成全球变暖）
- 产生有毒害的空气
- 由于低效而产生的废热

2.2 保护环境的同时也收获经济效益

因为电动汽车比燃油汽车使用的能源少，所以它们对环境产生的影响比后者要小得多。因为电动汽车比燃油汽车更高效，所以其使用成本较低。

电动汽车已问世一百余年。毫无疑问，如果我们还想延续现代生活方式的话，电动汽车将是人类未来的必然交通模式。原因如图 2-2 所示。

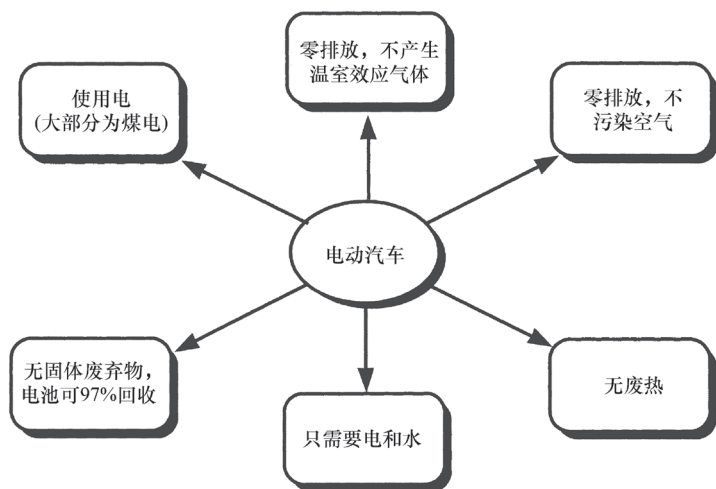


图 2-2 电动汽车不会产生环境问题

电动汽车与内燃机汽车形成鲜明对照：

- 用电驱动（如今大部分用煤电）
- 零排放，不产生污染物
- 几乎不产生有毒废物（铅酸电池回收率可达 98%）
- 不需要添加有毒液体，例如水和清洗液
- 高效率（电动机和控制器效率可达 90%，电池可达 75% ~ 80%）
- 对发电站有益

因为电动汽车能将存储的 70% 的电能为电动机能量，而相比之下，典型的燃油汽车的能量转化率仅为 20%，所以它在价格上也有一定优势。自动变速装置和其他

辅助设备一样也都会消耗大量的能量，例如车载智能手机充电器、收音机、电动助力转向系统和空调等。（完成一次环城之旅，仅仅空调就会消耗 40% 以上的能量。）想象一下从高涨的油价中解放出来，想象一下 2011 年发生在墨西哥湾和 2012 年黄石公园的石油泄漏事件，想象一下不用呼吸汽车尾气，想象一下从减少的国债和大量新增的清洁的高科技工作中获得巨大的经济自由，想象一下从石油中获得所有解放吧。看一看美国因为依赖石油而受到的牵制：每年花费 830 亿美元用于武装保卫脆弱的石油基础设施和运输管道。2012 年，美国海军部长 Ray Mabus 说：“在阿富汗工作的石油护卫队，每 24 人中就有 1 名士兵伤亡。这是美国为石油付出的高昂代价。”

美国每年在海外花费 3000 多亿美元购买石油，而出口国往往都是国内形势不稳定、对美国也不友好的国家。石油进口这一项占美国贸易赤字的一半左右。

我们发表的关于从石油获得自由的声明中还包括一些退役军人领导的公司和组织——例如加州电动汽车和电池公司 CODA 汽车销售部的副主席 Brian Patnoe。“我为效力于支持石油独立和建立电动汽车产业供应链而感到自豪。” Patnoe 说，“作为一名退役军人，看到支持未来石油独立的繁荣商机——从 CODA 的零件制造商和流水线工人到安装电动汽车充电机的电工和购买全新款电动汽车的消费者——我也感到很兴奋。”

电动汽车已在全国部分城市上市，明年各个州都可以买到电动汽车。现在我们需要做的就是推行正确的政策，建设充电基础设施，来支持清洁、安全的交通方式转变。已经发表的声明中对一些电动汽车政策也进行了阐述：

（1）加强国家、地区和本地的工作，帮助吸引和集中全国更多的团体力量来支持电动汽车事业的发展。

（2）通过一系列政策消除不必要的官僚主义障碍和市场阻碍，将电动汽车推向全国：

- 支持在全国范围内安装充电基础设施，包括居民住宅和公共场所。
- 激励电动汽车和充电设备的购买，并将电动汽车充电设施的应用程序化。
- 教育公众关于电动汽车的优点和费用、机遇，以及在充电设施建设方面涉及的后勤考虑。
- 做好电动汽车充电设施安装工人和第一负责人的培训工作。
- 鼓励电力公司为电动汽车拥有者提供具有吸引力的价格和项目，并提高低谷期充电比例。

- 通过如下措施降低电池费用：在车队中使用电池、二次利用电池和储能装置。

(3) 保证美国在制造电动汽车、电池和零部件方面的领先地位。

电动汽车将会帮助我们摆脱石油依赖，同时也意味着减少空气污染。电动汽车的尾气不足传统汽车的 30%——这还只是使用如今的电网得出的数据。如果我们将电网更清洁化，逐渐用可再生能源发电，那么电动汽车会变得更加清洁。

2.3 石油不会永远存在

石油是有限资源，并且会带来价格波动、政治不稳定性和环境灾难。现在，石油驱动着美国 95% 的交通工具，而交通领域的能源消耗占总能源消耗的 28% 左右。全球个人交通需求正在逐步增长，而能源储备却在不断减少。石油不仅是正在枯竭的资源，而且是造成温室气体排放的重要来源。

幸运的是，在交通领域少用石油，能很快实现石油独立，减少排放。特斯拉汽车就是发展独立清洁交通的星星之火。

2.4 清洁能源主导未来

特斯拉汽车公司在网站上就环境问题有如下阐述：

在交通领域减少石油消耗就意味着在全球增加电力使用。当交通领域增加电网使用率时，对能源的需求也会增加。发展高效发电站和可再生能源能够满足这种需求。

很多国家都在通过使用可再生能源来减少对石油的依赖。美国联邦政府保证到 2020 年减少 28% 的温室气体排放。到 2020 年，欧洲各国可再生能源使用将占总能源消耗的 20%。仅在德国，10 年中可再生能源在电网中的使用已呈 4 倍增加。

可能有人会认为电动汽车只是用煤代替了石油作为消耗能源。那么我们以美国电网为例，尽管美国电网有一半是煤电，特斯拉汽车还是把燃油汽车的二氧化碳排放量减少了一半。我们还可以做得更好。在过去 5 年中，美国可再生能源发电量增加，而煤电减少。电动汽车也随着这种转变变得更加清洁。在加州，可再生能源发电（13%）比煤电（12%）在电网中占的比例要重。

《美国电动汽车》杂志的 Bob Batson 最近对这些费用进行了分析：

电动改装车：100 000 英热（1 千卡）=29.3 千瓦时=39.3 马力/小时。用同样的价格，电动汽车的马力可以达到 47 马力/小时，而燃油汽车只可以达到 21 马力/小时。在实际使用中，RAV4 电动汽车每英里花费 0.04 美元，而同款燃油汽车需花费 0.16 美

元（约折合人民币 0.99 元）。

最近经济形势也因高昂的汽油价格而发生了变化。由 Vehma 国际公司生产的 G-Van 是上市的第一款厢式货车。其价格是 50 000 美元，而内燃机汽车的价格为 16 000 美元。为便于对比，我将自己的一辆类似车型的小货车纳入进来。它的主要优点是已经跑了 50 000 英里，很多零部件都需要更新换代，发动机效率也开始下降。

Detroit Edison 已经为 G-Van 做了昂贵的测试，发现其保养时间从每月 2.5 小时下降到 1.4 小时。在英国，使用电动汽车作为零售货物运输车已有很长一段时间了。电动汽车每英里的开销仅为内燃机汽车的 60%。

在 20 世纪 70 年代末期，美国加州邮政局用电动汽车作为邮政用车。当时，每英里的开销是 2.5 美分，而燃油吉普车是 5.6 美分。在这种走走停停的车型中，电动汽车的最大优点就是停下来后不需要使用能源，而吉普车消耗每加仑汽油只能跑 6.5 英里。

我们也可以看看更发达的行业——起重机车。电动起重机车的价格是 10 000 美元以上，包括电池和充电机。但是在燃料和保养方面，它可以节约大部分费用。

- 燃料费用（每天）：
 - ◆ 电动版：1.25 美元
 - ◆ 内燃机版：7 ~ 9 美元

电动载货车的驾驶时间虽然少 20%，但是服务时间多了 25%，每年的保养费用仅为 1700 美元。内燃机汽车的保养费用是 3000 ~ 7500 美元，根据每天倒班时间不同而不同。尽管电动汽车每天的续驶里程只有 50 ~ 80 英里，但是它完全可以满足多种服务用车的需求。

节能型汽车

降低温室气体排放可以减少由气候变化带来的经济和人类健康危机，主要的温室气体是二氧化碳。根据美国环境保护署数据，美国大概有 20% 的二氧化碳气体排放是源自小汽车（轿车和轻型货车）。这些排放直接与汽油的使用量有关，从而又依赖于汽车的行驶里程和燃油经济性。

汽车公司现在正努力研发节能型汽车。市场需要它们，大型组织就响应市场需求，汽车公司（如丰田公司和本田公司）正在生产节能型汽车和混合动力汽车。现在福特汽车公司、通用汽车公司和其他汽车公司都在生产和研发这种汽车。

前面已经讨论过很多次关于制造 35 英里 / 加仑的新型汽车的话题。在其他燃油较贵的国家，这种汽车已经很普遍。这种汽车非常小，发动机也较小，驾驶人在很大程

度上掌握着汽车的续驶里程。他们通常用较低的速度行驶。从 50 英里 / 时加速到 100 英里 / 小时, 燃油或电能的使用会增加 8 倍。所以对于一辆汽车来说, 正是驾驶人的右脚控制着英里 / 加仑或英里 / 千瓦时。

即使你没有电动汽车, 也没有计划改装或购买混合动力电动汽车, 你也可以从本书学到的一点就是高效节能地驾驶汽车。

2.5 时间紧迫

石油燃料的价格不会一直如此廉价。最近一项研究显示未来 40 年石油资源将逐渐枯竭, 同时其价格也会不断攀高。那么会发生什么事情呢?

这个问题曾被一位工程师 Howard Johnson 在他的书中(《能源, 便捷的解决方案: 美国人如何在十年中解决能源危机》)提到过:

我们正在用尽石油资源, 现在需要开发其替代能源。很重要的一点是我们开发的应对能源危机方案是从正在使用和研发的产品及系统中得到的。我们必须收集和检验对于过去、现在和未来燃料和能源系统的类型, 通过多种现实可行的方法用可再生能源来代替化石燃料。

Johnson 还说: “老科技和新兴科技的融合将为多种能源的产生、分配和使用提供可能性。大量的可靠的科技和系统令人惊叹。没有唯一正确的答案。令人惊讶的事情就是多样性。从长期来看, 有些技术将会繁荣昌盛起来, 而有些则会中途淘汰。”

他认为美国应该根据以下标准选择一些新的能源解决方案:

能够在踩下踏板之后提供足够的移动能源的任何动力系统。所有新系统都能够代替化石燃料作为我们国家甚至世界的主要能源。我们需要开发一种全新高效的方法生产、运输、储存和使用能源, 从而为国内带来良好的商业利润和不错的就业机会, 而不至于将数十亿的美元白白送给对我们不友好的那些国家。

2.6 美国交通依赖石油

根据美国能源部西北太平洋国家实验室数据显示, 1961 ~ 2008 年美国政府已为新能源科技投入 1720 多亿美元。20 世纪 80 年代, 这些开支仅占联邦总投资的 1%。

尽管美国交通领域也使用少量的天然气和电力, 但是其运行几乎全部依赖于石油, 如图 2-3 所示。这对于我们来说既是一个战略性问题, 也是一个经济问题。

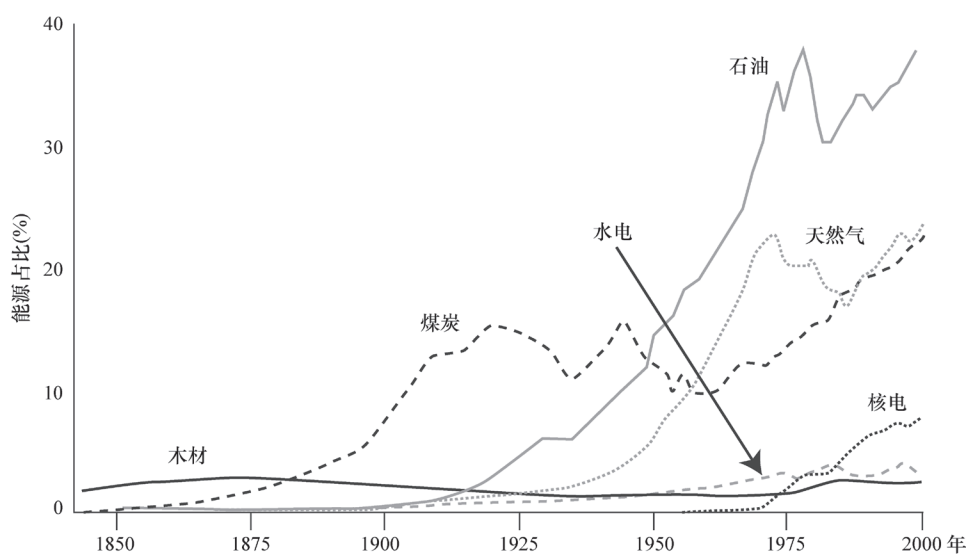


图 2-3 1775 ~ 2001 年美国能源消耗走势图（美国能源部）

我们 40% 的能源来自石油，23% 来自煤炭，23% 来自天然气，剩下的 14% 来自核能、水电和可再生能源。就像 Bob Brant 所言：“我们整个经济很明显在依赖石油。”

美国每天消耗 208 亿桶石油，其中包括 900 万桶汽油。汽车是石油的最大消费者，占总消耗的 40%。同时，它的温室气体排放占全国排放量的 20%。

美国大约有 220 亿桶石油储量，而每年大约要消耗 76 亿桶石油。与石油供应相关的问题包括不稳定的油价、世界和国内需求量的攀升以及国内石油生产量的消减。

石油输出国组织（OPEC）高抬石油价格给我们的经济、交通系统和生活水平都造成了毁灭性的打击。1973 年阿拉伯石油危机和相继而来的一系列危机还犹在眼前。危机过后，美国曾发誓减少对进口石油产品的依赖——但是实际上做不到。

➤ 石油涨价

全世界的地下石油总储量是固定的，不会增加。所以总有一天，石油资源会面临枯竭。在此之前，石油价格会持续高涨。

➤ 哪种选择对环境更好：增加燃油税还是提高燃油经济性？

奥巴马政府最近宣布将在 2025 年以前把燃油经济性标准逐渐提高到 54.5 英里 / 加仑。对于环境来说这是一大好消息，但是 Eric Morris 在《魔鬼经济学》中认为这并不是对环境最好的做法。最好是提高联邦燃油税：

这提出了关于燃油经济性标准的真正问题。它忽略了减少燃料使用的一个关键因素：少开车。实际上，提高燃油经济性标准将产生顽固的不良效应，会增加驾驶成本（比如汽车价格），但也确实降低临界成本（比如燃料支出）。在某种程度上，燃油经济性提高将会促使人们驾驶汽车行驶更远的里程。

如果增加燃油税，少开车便会成为消费者的一大应对策略。如果有的人的确需要驾驶燃油经济性不好的车出门，那么他们就会选择少开车从而少缴税。只要促使其少使用燃料，为什么不给他们这种选择呢？这样还可以提高我们的经济效益。实际上早在2004年国会预算局就已经计算过这些数字，并发现从长期来看通过燃油税调节燃料使用比提高燃油经济性要实惠得多。

但是2008年国会预算局报告显示，人类活动正在产生日渐增多的温室气体，尤其是二氧化碳，它们聚集在大气中，将会对全世界气候产生影响。

对二氧化碳的排放收费将提高汽油价格，但是这种价格提高将从另一方面降低尾气排放，所以相对来说汽油价格提高的程度并不大。其他部门将更多地制定降低二氧化碳排放的措施。

对于汽车尾气的影响最初会很小：人们可以选择少开车和开慢车，或者使用公共交通工具，但是短期内他们不会选择其他替代品。消费者可以通过购买燃油经济性更好的汽车来对付汽油价格的上涨，或者找机会降低通勤里程数。几年来汽油价格的接连攀升使这两种情况变得尤为普遍。但是二氧化碳收费对汽车尾气排放的影响还是很小的。

不管汽油价格上升还是下降，汽车燃油经济性标准的变化可以减少汽车尾气排放。

Morris 在此提出了一些论点，但还没有提到这一点，提高燃油税也会为高速公路信托基金带来收益。提高燃油税还会降低城市拥堵，从而降低交通事故率，还会为清洁汽车带来收益，因为燃油价格提高会为燃油经济性好的汽车创造市场。

让我们看看 Morris 引用的国会预算局 2004 年以来的报告，其直观地将这两种方法进行了对比。估算显示，将燃油经济性提高到 31 英里 / 加仑将会使燃油消耗量在 15 年内降低 10%，届时整个美国的汽车车队都会被更换。这种改变需要每年花费 36 亿美元。

如果要通过燃油税同样实现 10% 的降低量，那么就需要将每加仑的价格提高 46 美分，这样每年将花费 29 亿美元。在对比的前 14 年——在汽车车队未被更换之前——费用和燃油消耗都会抬高燃油税。

► 燃油经济性和燃油税对比（前 14 年）

很重要的一点是报告撰写者只指望燃油经济性达到 31 英里 / 加仑，远远低于 2025 年的目标值 54.5 英里 / 加仑。有些能源经济学家仍然坚信这一点，包括《知识问题》的 Michael Giberson。他将在支持提高燃油税的角度否定新的燃油经济性法律。他说：

我想提出以下想法：放弃燃油经济性，在未来几年里提高燃油税，通过降低其他一些联邦税来抵消这部分增长。不会增加联邦税净值，同时废弃那个曾让汽车生产商和消费者负担多年的累赘、官僚、低效的管理系统。

他们的论点是越未决议，越有意思。提高燃油经济性出现在这些书里，与此同时燃油税可能完全消失。《华盛顿邮报》报道称有些官员相信国会会在交通资助方面的辩论正陷入僵局。如果这个进程起着某种导向作用的话，那么驾驶人不应该将期望寄托在缓行联邦燃油税上面。相反，他们应该盼望燃油公司收取这些费用。

我们是如何陷入这种处境的呢？今天我们已经超过这个数量。没有人能精确预测燃油价格在夏季或明年会如何走向，燃油将出现紧缺还是富余。人人都认为这种情况很糟糕。我们需要采取实质性措施解决这个问题。因为没有人能飞着去工作，如果汽油价格突然变成每加仑 4.5 美元或每桶 150 美元，那么很多创新的方案就会出现，例如电动汽车。

► 电动汽车如何显身手

在保持有毒气体排放等级不变的同时要达到不断提高的平均燃油经济性标准，这给燃油汽车科技和消费者增添了巨大负担。汽车生产商必须得让研发人员加班加点，才能完成这些任务，而羊毛出在羊身上，产生的费用终将让消费者承担。

尾气排放处理装置是每个燃油汽车车主必须每年面对的问题：烟雾检测，排放认证，更换阀门、泵、过滤器和其他零件——所有的额外支出和不便。

电动汽车是如何降低有毒气体排放的呢？很简单。所有电动汽车都是定义上的零排放汽车：它们不排放任何东西。这就是为什么加利福尼亚州和其他州采用电动汽车来解决空气污染问题的原因。引用深入研究该问题的王全录、Mark A. Deluchi 和 Dan Sperling 等人的一句话：

本文得到的明确结论是，在加利福尼亚州和美国，用电动汽车替代燃油汽车将大大减少二氧化碳、碳氢化合物和氮氧化合物的排放。

早期关于发电站排放问题的讨论，同样也适用于电动汽车用电导致的空气污染。而且，将电动汽车的排污负担转向燃煤电站有如下效果：

- 在地点相对固定的燃煤电站，通过使用烟囱除尘系统和其他强制管控措施远比控制燃油汽车排气管有效果。
- 这种方法将尾气污染从人多、拥堵的区域转移到偏远、人烟稀少的发电站区域。
- 尾气污染时间转移到了夜晚（大部分电动汽车充电时间），这时很少有人暴露在污染环境中，而且尾气在没有日光照射时，不会产生烟雾和其他副产品污染物。

电动汽车不产生任何排放，降低了对进口石油的依赖。坦白而言，除非上路的电动汽车达到一定的规模（上百万辆），它们都不会对发电站的排放产生什么影响。

➤ 有毒固体废弃物

输入和输出内燃机的所有物质几乎都是有毒的。它不仅排放温室气体和有毒气体，而且还产生废液（比如溢出的燃料、汽油、冷冻液等）和固体废弃物（比如汽油/空气/燃料过滤器、消声器、催化剂转换器、排放控制系统零件、散热器、泵、火花塞等）。这对我们的环境、土地等都有害——尤其是当汽车的数量以亿计时。

那么电动汽车能做些什么呢？电动汽车的唯一废弃物就是电池。例如，铅酸电池——今天普遍使用的一种电池——是 99.99% 可回收利用的。每天使用的数吨电池中，几乎每盎司都有用。这就意味着 99.99% 的电池和其成分（如硫酸、铅和塑料壳体）都是可回收利用的。

研究显示锂电池几乎不产生环境污染。

挪威科技大学最近刊登在《环境科学与技术》杂志上的一项研究对三种主要电池的效率 and 制造过程中产生的环境影响进行了研究。

结果显示，镍氢电池对环境的破坏最大，随后是镍钴锰三元材料锂电池和磷酸铁锂电池。研究人员对 11 种环境影响进行观察，例如温室气体排放、淡水生态毒性、对人体毒性、淡水富营养化等，但不包含臭氧消耗。他们还发现全球变暖存在比之前报告的更高的生命周期。

研究人员发现两类锂离子电池比镍氢电池的性能要好，因为它们储能能力提高了 2 ~ 3 倍，而且具有更高的效率。镍钴锰三元材料锂电池和磷酸铁锂电池含有镍元素少，且不含稀土材料。磷酸铁锂电池比镍钴锰锂电池的生态效益好一些，因为其使用寿命更长，而且使用的材料也不破坏环境。

所有三类电池在生产过程中都需要相同等级的能量，所释放的温室气体数量等级也是一样的。在电池电极浆料中的分散剂和黏结剂使用的聚四氟乙烯材料占电池导致臭氧损耗原因的 97% 以上。两类锂离子电池释放的二氧化碳等级至少高出 14% ~ 15%，因为其生产过程中会释放卤甲烷。电池壳体、模块包装材料、绝缘材料以及电解质都会引起至少 10% 的生态破坏。研究表明，磷酸铁锂电池因为有更长的使用寿命，所以对环境的损害较小。

➤ 有毒液体污染

请记住，输入和输出内燃机的所有物质几乎都是有毒的。输入内燃机的燃料和汽油，油泵中的燃料蒸气（以及提取、提炼、运输和存储中挥发的燃料）和冷却系统中的冷冻液都是有毒的，从油泵和储存罐的标识上就能看出。从输出方面来看，燃烧煤炭、汽油、天然气或化石燃料，产生的二氧化碳和其他有毒废弃物问题更多。

输入内燃机的所有物质都是有毒的，有些化学物质是尤其肮脏的。1990 年《清洁空气法案》规定，除了以前列出的 200 多种有毒化合物以外，还必须关注对人类健康存在巨大风险或存在不确定危害的排放物，包括含苯、甲醛和 1, 3- 丁二烯的排放物。

20 世纪 90 年代阿拉斯加港湾漏油事件和几年前的墨西哥湾原油泄漏事件就是污染环境的一种情况，而污染饮用水是另一种情况。那些在加油站地下附近到处存在的巨大漏洞证明了这一点。所以才有毕雷矿泉水召回事件，查出里面含有微量苯化合物。

内燃机汽车不可能在保持严格的污染排放等级的同时，提高燃油经济性。因为内燃机的效率仅为 20%，而电动汽车交流电动机和直流电动机的效率可达 90% ~ 95%。

电动汽车不排放任何废气，而且还降低了对进口石油的依赖。但是在大量汽车变成电动汽车或插电式混合动力电动汽车之前，我们目前谈论的电动汽车不会对发电站的排放物产生任何影响。

在《科学日报》和 Treehugger 网站上发表了莱斯大学贝克公共政策研究所的一份研究，结果显示如果美国想大量降低石油消耗的话，那么就必须把大力推动电动汽车普及应用放在实行国家可再生能源配额标准的前面。

这很有意义，因为可再生能源配额标准将会对电力生产产生重要影响而不是液体燃料。但是，该研究忽略的一点是我们需要这两种方法一起推动绿色交通发展。

莱斯大学研究人员进一步指出：

实际上，如果达到 2050 年电动汽车占总车辆数 30% 的目标，那么美国将每天少用

250 万桶石油，同时减少 7% 的排放量，而可再生能源配额标准只能将排放量降低 4%。

电动汽车能做些什么呢？

2010 年，奥巴马总统宣布的燃油经济性标准将在 2030 年使美国每天节约 350 万桶石油，打破美国长期依赖进口石油的局面。美国众议院自然资源委会高级官员兼能源和商务委员会高级官员 Ed Markey 高度评价了奥巴马总统大力推行该目标的积极态度：

这些燃油经济性标准给束缚美国几十年的石油垄断组织以狠狠一击，曾经他们阻碍我们的经济增长、威胁国家安全、破坏我们的地球……这是我们能源历史上突破性的时刻，将最终帮助我们摆脱对中东石油的依赖。

2007 年能源独立和安全法案将燃油经济性标准定为 54.5 英里 / 加仑，该法案也采纳了由众议员 Markey 撰写、前议长 Nancy Pelosi 大力支持的燃油经济性标准。Markey 在法案中将 2020 年燃油经济性标准目标值定为 35 英里 / 加仑，并规定每年都需设定可行的最高标准值。该法案于 2007 年 12 月由布什总统签署执行。

该法案还包含了使用高级生物燃料的条款。燃料效率的提高和生物燃料的使用将会促成达到 2030 年每天节约 510 万桶石油的目标。现在美国每天从石油输出国组织进口石油量为每天 460 万桶。

众议员 Markey 在 2001 年提出了他的燃油经济性修正案，但是由于共和党议员的阻止在随后几年没有被采纳。他在接连几次国会讨论中都提出了该修正案，并最终在 2007 年得到采纳。

➤ 废热全因效率低

虽然现在的内燃机技术已发展到很高水平，但是它仍然是这个星球上效率最低的机械设备之一。它的效率接近 20%，而直流电动机的效率可达 80% ~ 90%。

在燃油汽车中，仅有 20% 的内燃机能量可转化为机械能，其余的都变成废热损耗在内燃机系统里。在产生的机械能中，

- 1/3 用来克服空气动力阻力（最终成为热能飘散在空气中）。
- 1/3 用来克服滚动摩擦力（最终使轮胎变热）。
- 1/3 用来加速（最终成为制动系统中的废热）。

与内燃机上百个运动零部件相比，电动机只有一个。这就是电动机的效率如此之高的原因。今天的电动汽车电动机效率一般为 90% 甚至更高，控制器的效率也如此（它没有运动部件），铅酸电池效率可达 75% 以上。

综上所述，纯电动汽车的效率要比内燃机汽车高得多。

➤ 电网钟爱电动汽车

即使是对电动汽车的发展最乐观的愿景，也只预计在 21 世纪早期仅会有几百万辆电动汽车上路。在某些地方，这种规模会对石油、温室气体和空气质量产生一定影响。在达到 1000 万 ~ 2000 万辆规模之前，我们都不需要额外增加电力生产。这是因为有神奇的负载均衡。

负载均衡就是如果电动汽车在白天使用，而在晚上充电，那么它们将对本地电网做出巨大贡献。图 2-4 所示为电网电力需求峰值曲线。

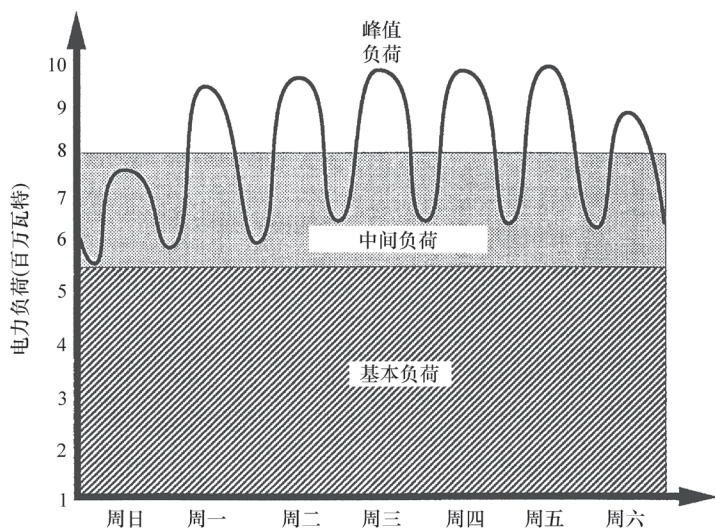


图 2-4 每周负荷系数为 80% 的电网电力需求峰值曲线

发电方式存在地域性差别。2007 年，美国的电力结构为：48.6% 为煤电、19.4% 为核电、21.5% 为天然气发电、5.8% 为水电、1.6% ~ 2.5% 为地热、太阳能、风能等多种能源发电。

发电站以最低成本发电（例如用煤电和水电）满足基本负荷需求，用高成本发电（例如天然气发电和石油发电）满足峰值需求。车主在夜间（负荷低谷时段）给电动汽车充电可以享受非峰值电费。通过使用负荷低谷时段这个方法，电网可以高效利用现有电量。这对我们的发电站来说可以产生巨额短期效益，因为它使电网无须支付额外的投资费用，就能开辟一个全新的电力销售市场。

2.7 小结

拥有电动汽车是你迈向保护地球行动的第一步。但是，你还有许多事情要做。给参议员或国会议员写信，发表你的心声，但不要满足于“我们会对此进行研究，然后回复你”这样的答案。一定要弄清楚谁将去做这件事？什么时候？为什么？我在这里为你重申了这个问题，提供了可能的解决方案框架和一些精神食粮。

➤ 内燃机遗留的环境问题

我们应该给内燃机科技和燃料定价，来反映其真正的社会损失，而不仅仅局限于经济损失，因为它给我们造成了诸多环境问题：

- 依赖进口石油，威胁国家安全
- 温室气体问题
- 空气质量问题
- 有毒废弃物问题
- 有毒液体燃料问题
- 低效率问题

我们的汽油价格应该反映我们在保卫进口石油、逆转温室气体效应、解决空气质量问题等方面的费用。汽油价格里最好包含一部分基金，用于支持太阳能发电和电动汽车科技的研发，因为这两项技术是我们能给予子孙后代的最环保、最有希望的礼物。

➤ 积极的解决方案

从历史的角度来说，美国居民是极其幸运的。但是，我们现在却要面临诸多问题，例如清洁空气、自然资源、不稳定政府、昂贵的能源开支以及生活费用。对于子孙后代，我们无法保障其拥有相同的生存权。实际上，如果我们对今天的环境问题袖手旁观，那么我们无法保障子孙后代将拥有和我们一样水准的生活质量。为了我们的孩子，我们不能无动于衷，必须做点什么。我们必须直面问题，找到解决办法。

图 2-5 所示为一个建议方案。我们需要看看它在 21 世纪中期的结果，然后再反向操作——从供应和需求两方面着手——看看我们现在应该做些什么。显然，现在到了彻底改变的时候了，我们需要共同努力让改变发生。如果你成为改变的一员，那么就不会被改变所伤害。汽车制造商能制造更高效的汽车，供应商可以提供更新的零部件

来替代旧零件。石油化工行业可以改变产品的比例，减少石油、天然气等原油的供应，而增加其他原材料的供应，诸如用来造车、建房、修马路和其他各种用途的材料。在这些改变发生之前，你可以做的就是打造你自己的电动汽车。今天就做！

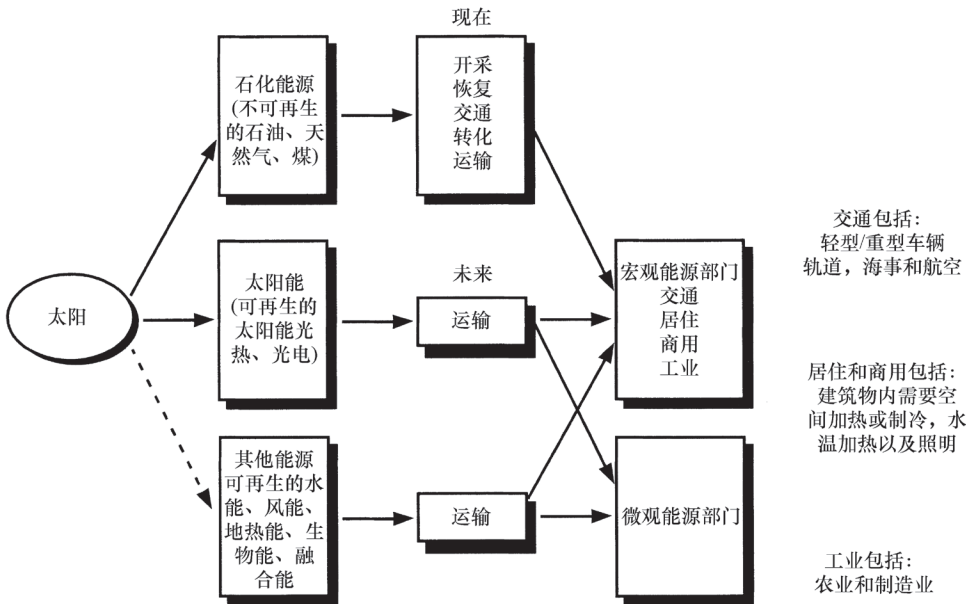


图 2-5 未来能量使用模式

在墨西哥湾原油泄漏事件之后，国际海洋保护组织 Oceana 提出了一项计划，将取消未来十年墨西哥湾海上钻井活动。从无党派的美国家能源信息管理局和美国国家可再生能源实验室获取的信息得知，Oceana 提供了务实的建议，如果被采纳，2020 年之前的海上钻井活动将被取消，并减少 2023 年之前从波斯湾进口石油的需求。这项计划还提供了一项到 2030 年不再进口石油的方法（图 2-6）。



图 2-6 电动轿车所需的能源种类 (Oceana)

“Oceana 制定了一项可操作的计划来终止美国现在的石油习惯。我们可以在未来 12 年作出重大改变。” Oceana 高级活动总监 Jacqueline Savitz 称,“我们的计划聚焦于四个部门:供暖部门、交通部门、船舶运输部门和发电部门,在使用石油的同时辅以清洁能源。因为可再生能源的环保潜力,我们为我国能源需求的满足寻找到了更安全的道路。”

在“深水地平线”海上钻井灾难的纪念日, Oceana 的计划为灾难性的漏油事件提供了预防方法,不再让海水污染和生物死亡的惨状发生。该计划也会作为催化剂导致清洁能源科技的革命,将会刺激我们的经济,创造出更多的工作岗位。

➤ 减少石油在船舶运输中的使用

根据国际海洋组织的数据显示,船舶只要减速 10%,其燃料使用量就能节省 23%。还有其他很多方法可以提高效率。假设只是减速 10% 就能节省 23% 的燃料,那么就意味着每天可少用 10.5 万桶石油。

➤ 不再使用石油发电

如果我们停止使用石油发电,那么每天可以节省 20 万桶石油,数量相当于美国政府预计 2020 年在墨西哥湾开采石油数量的 11%。要替代如此数量的石油发电,需要我们用海上风力发电 11.7 兆瓦。

➤ 用电替代石油给居民和商业供暖

有 25% 的居民和商业供暖是采用石油能源,如果用电能作为替换,则不仅会提高效率,而且可每日节省 22.8 万桶石油。这个数量相当于我们计划 2020 年在墨西哥湾开采石油数量的 13%。

➤ 实现交通车队电动化

电动汽车和纤维素乙醇汽车可以使石油消耗在 2030 年每日降低 650 万桶,其中 41% 源于采用电动汽车。电动汽车在 2030 年将占轻型车辆数量的 40%。将近 17% 的降低量源于使用纤维素乙醇,剩下的 42% 则可能源于微藻生物燃料的上市。

这些是 Oceana 关于降低石油依赖的部分建议。更多内容可参见 www.stopthedrill.org 刊登的 Oceana 《2020 愿景规划》。

最近在中东地区的形势变化使美国对进口石油的依赖问题更多地被商业领袖和政治官员所关注。诸多政治家和能源专家都建议提高国内石油生产量来打破对进口石油的依赖。但是,根据一些经济学家的观点,提高国内石油生产量并不能起到如此作用。Oceana 建议采取其他措施,既不危害我们的环境和健康,又能消除对进口石油的依赖。

美国能源信息管理局计划到 2030 年将石油每日进口量降到 900 万桶,相当于美国每日消耗量的一半。在这 900 万桶进口石油中,约有 160 万桶来自波斯湾。到 2030 年,在前面描述过的能源部门如果能够进一步将进口石油量降低 80%,那么到 2023 年将可能完全可以不再从波斯湾进口石油。如果 2030 年以后持续降低进口石油量,那么美国将可最终实现不再进口石油的局面。

为什么汽油价格如此高昂?

汽油和柴油的价格攀高原于石油供应趋紧和全球交通对燃油需求的增加。

- 石油输出国组织的生产决议将继续影响石油市场行情
- 集中在沙特阿拉伯的石油生产地每天只能有 200 万~300 万桶石油产量,这削弱了市场对供应中断的反应能力
- 石油价格可能持续高昂
- 诸多不确定因素难免使全球石油市场出现波动

为什么价格如此高居不下?

- 石油输出国组织的成员国和非成员国——中国、尼日利亚、安哥拉、沙特阿拉伯、阿塞拜疆、巴西、哈萨克斯坦和美国的墨西哥湾——的石油产量都有待提升
- 过去几年高昂的油价为非常规燃料提供了充分的刺激
 - ◆ 加拿大油砂
 - ◆ 巴西和美国的生物燃料
 - ◆ 卡塔尔的天然气合成油
- 全球液化石油气产量有待提升

绿色汽车创造利益

虽然雪佛兰 Volt 和日产 Leaf 的标价比同款传统汽车要高,但是它们的使用成本却极低。混合动力轿车和纯电动轿车的销售额有望在本年第一季度跃升将近 40%。其首要原因就是攀升的油价。市场调查公司 Maritz 最近的一项调查显示,现在有 1/3 以上的消费者表示燃油经济性是他们购买下一辆汽车的首要考虑因素。

把混合动力汽车、柴油汽车和电动汽车的“环保光环”放一边，它们真的省钱吗？混合动力汽车的价格比同款燃油车的价格高出 3300 美元左右。柴油汽车则高出 2800 美元左右。两款电动汽车——雪佛兰 Volt 和日产 Leaf，均高出 18 000 美元左右。但是长期使用的成本才应该是衡量绿色汽车是否值得购买的标准。

算算经济账

根据 Vincentric 汽车数据公司的调查，我们将 2011 年混合动力汽车、柴油汽车和纯电动汽车的五年使用成本和同型号的燃油汽车作比较。在大部分案例中，都是型号相同而动力系统不同。当一辆混合动力汽车（以普锐斯为例）没有同型号燃油汽车进行对比时，我们选择同等配置的燃油汽车来对比。

假设每年驾驶 15 000 英里，普通汽油价格是 3.64 美元 / 加仑，高标号汽油价格是 3.91 美元 / 加仑，柴油价格是 3.97 美元 / 加仑——这是全国夏季早期的平均价格——每种燃油每年有 3.5% 的上涨浮动。此外，还把汽车折旧费、保养费和维修费、五年车贷、保险和税费统统算进来。雪佛兰 Volt 和日产 Leaf 作为电动汽车范畴，可以减免 7500 美元的税也算进来了。

最优方案

油价对于生产绿色汽车来说意义非凡。两年前，当油价还在 2 美元 / 加仑徘徊时，混合动力汽车和柴油车的经济性并不能良好体现。但是现在油价已接近 4 美元 / 加仑，更多的消费者将选择购买绿色汽车来节省开支。

可能更大的惊喜是尽管雪佛兰 Volt 和日产 Leaf 的定价稍高——价格将近两倍于雪佛兰 Cruze LTZ 和日产 Versa S——但是它们使用 5 年的费用却相当低。5 年后，雪佛兰 Volt 的综合成本 Cruze 仅比 Cruze 多出 1600 美元，日产 Leaf 比 Versa 仅多出 800 美元。

揭开电动汽车和烟囱的神秘面纱

Chip Gribben，大华盛顿区电动汽车协会

引言

因为美国大气中的臭氧含量一直处于不健康状态，所以科研人员和政府官员在不断寻找替代方案，来降低燃油汽车对空气的污染。

(1) 极低排放汽车和零排放汽车就在众多解决方案中。前者可将 12 000 英里的二氧化碳排放量降低到 45 磅。

(2) 零排放汽车不产生任何排放物，如电动汽车、飞轮驱动汽车、氢燃料汽车和其他零排放能源驱动的汽车等。虽然有些零排放汽车还只是停留在试验阶段，但是电动汽

车已然上市。实际上，电动汽车早在 20 世纪初就已经和燃油汽车并驾齐驱在马路上了。

电动汽车不像燃油汽车一样靠内燃机驱动，它是靠存储在电池里的电能驱动一个或多台电动机。当电池需要充电时，你只需将它就近插入插座。电动汽车不产生尾气和挥发性排放物。

(3) 因为电动汽车不需要燃料、燃烧系统和排放系统，所以它们可真正实现零保养——不用换机油、无须空气滤清器、消音器、正时带和排放检测。如今围绕电动汽车最热门的话题就是零排放。有的评论家认为电动汽车实际上是“在别处排放的汽车”，因为它们将排放物从排气管转移到发电站烟囱里了。尽管用煤和石油的火力发电站会产生排放物，但是电动汽车本身的排放物还是极低的。

(4) 实际上，电动汽车也可以采用零排放能源充电，如核能、水能、太阳能和风能。

本节的目的就是要证明利用当今电网充电的电动汽车也要比最高效的内燃机汽车清洁的多。有关电动汽车是“在别处排放的汽车”的说法将通过事实检验，证明电动汽车及其发电站要比支撑内燃机汽车的基础设施清洁、高效和可靠。

内燃机汽车时代的影响

汽车的黄金时代持续了 50 余载，但是由我们钟爱的内燃机汽车带来的雾霾也产生着挥之不去的影响。尽管我们有严格的尾气排放标准，但是汽车数量和行驶里程数却在日渐增长。科学家预计，到 2010 年，我们对汽车的依赖会将污染等级提高 40%。

在加州，内燃机汽车的二氧化碳排放量占 90%，氮氧化物排放量占 77%，活性有机气体排放量占 55%。而且，据估计到 2010 年，二氧化碳等温室气体的排放量还将增加约 33%。

长期暴露于这些污染中，将会引起我们的一系列症状，对身体健康有害，尤其是老人和孩子更易受到威胁。生活在洛杉矶的儿童肺活量比生活在休斯敦和德克萨斯等城市的儿童要低 10% ~ 15%。

下面就是这些排放物可能带来的潜在健康风险：

(1) 一氧化碳 (CO)：一种无色无味的有毒气体。它能降低人体血液运输氧气的能力，恶化心肺疾病。高浓度的一氧化碳能导致头痛，疲倦和眩晕。

(2) 氧化硫 (SO_x) 和二氧化硫 (SO_2)：二氧化硫与空气中的水蒸气结合后是导致酸雨的主要原因。汽油中一般含有 0.03% 的硫。

(3) 氮氧化物 (NO_x) 和二氧化氮 (NO_2)：这些是悬浮在肮脏城市上空的黄色雾霾。NO 与大气层中的氧气结合后，会转化成损害人体肺部组织的 NO_2 。

(4) 碳氢化合物 (HC): 这是一类含有氢和碳的污染物。它们能形成臭氧, 有些碳氢化合物会致癌, 有的会刺激黏膜。它们包括:

- 挥发性有机化合物 (VOC)
- 挥发性有机气体 (VOG)
- 活性有机气体 (ROG)
- 活性有机化合物 (ROC)
- 非甲烷烃 (NMHC)
- 非甲烷有机气体 (NMOG)

(5) 臭氧 (O_3): 这是一种在很多城市上空能看到的白色雾霾。臭氧是由非甲烷有机气体和氮氧化物在光热作用下反应生成。臭氧会刺激人体呼吸系统, 降低肺部功能, 恶化慢性肺病, 例如哮喘。自 1982 年以来, 在巴尔的摩和马里兰, 臭氧导致平均每年会有 84.3 天的烟雾浓度是十亿分之八十。联邦安全标准中规定人体在烟雾浓度为十亿分之一百二的环境中呆一小时就会出现健康风险。但是最近的研究表明, 十亿分之八十已经足以引起肺炎, 导致终生疾病。

(6) 二氧化碳 (CO_2): 二氧化碳是大气中自然生成的气体, 也是生物系统必不可少的气体之一。但是, 大量的二氧化碳会导致温室效应和全球变暖。

清洁发电站排放物

电动汽车拥有使用电能独特优势, 而这些电能可由多种燃料和可再生能源生成。在美国电力来源中, 煤电占 55%, 天然气发电占 9%, 石油发电占 4%, 剩余的 32% 来自核能和可再生能源, 例如水能、太阳能、风能和地热能。

很多对电动汽车持批判观点的评论家认为, 用煤电站给成千上万的电动汽车充电会加剧温室气体 (如二氧化碳) 的排放。尽管全国有一半发电站是煤电站, 但是为电动汽车充电产生的二氧化碳却比内燃机汽车产生的二氧化碳要少。根据世界资源研究所的资料显示, 用煤电站给电动汽车充电将使全国的二氧化碳排放量减少 17% ~ 22%。

碳氢化合物、一氧化碳、氮氧化物、二氧化硫和其他粉尘的减少量是由当地电网的电力来源决定的。如果电动汽车的使用走向全球规模, 那么城市污染状况将会有很大改善, 见表 2-1。在法国, 发电站大多用核能发电, 那么为电动汽车充电产生的排放物就会大大减少。像美国 and 英国这些国家使用煤炭和石油等火电站发电, 产生的二氧化硫和粉尘就会多一些。但是碳氢化合物、一氧化碳和氮氧化物的排放会明显减少。

表 2-1 电动汽车减少污染的比例（%）

	HC	CO	NO _x	SO ₂	悬浮颗粒
法国	- 99	- 99	- 91	- 58	- 59
德国	- 98	- 99	- 66	+96	- 96
日本	- 99	- 99	- 66	- 40	+10
英国	- 98	- 99	- 34	+407	+165
美国	- 96	- 99	- 67	+203	+122
美国加州	- 96	- 97	- 75	- 24	+15

尽管美国一半的电力来自煤电站，但是加州和西北地区正在逐渐采用清洁燃料发电，例如天然气。在加州，一半以上的污染来自内燃机汽车，他们的电力来源却是全国最清洁的，见表 2-2。燃烧清洁燃料（如天然气）产生的电力占该州电力的主要部分。加州的天然气发电站排放的氮氧化物比西北地区现有的煤电站要低 40 倍。在加州，一些可再生能源，如水能、太阳能、风能和地热能的发电量也占有相当大的比重。

表 2-2 美国加州电力来源构成

发电站	构成占比（%）
天然气	33
水能	20
煤炭	16
原子能	15
太阳能和风能	6
地热能	6

一些发电站充分利用加州丰富的日光资源，用太阳能为电动汽车充电。充电端口连接到屋顶上的一排太阳能电池板。这些电池板将太阳能转化为电能，然后传输给汽车和附近建筑物。阴天时，就用这些建筑物给电动汽车充电。太阳能充电端口现正在加州许多城市进行修建，包括钻石吧市、阿祖瑟市和圣莫妮卡市。

因为加州有丰富的清洁燃料和可再生资源，很多研究都认为通过插电式混合动力电动汽车和纯电动汽车能很轻易地实现空气质量的改善。加州空气资源委员会估计，在洛杉矶运行电动汽车与内燃机汽车的排放物相比，碳氢化合物要少 98%，氮氧化物少 89%，一氧化碳少 99%。

洛杉矶水电局进行的一项研究显示，电动汽车行驶 10 万英里消耗的电量只产生不到 100 磅的污染物，而行驶同样里程的内燃机汽车排放的污染物是 3000 磅，见表 2-3。

表 2-3 行驶 10 万英里产生的污染物

发动机类型	CO	ROG	NO _x	总计
汽油机	2574	262	172	3008 磅
柴油机	216	73	246	835 磅
电动机	9	5	61	75 磅

二氧化碳的排放量也大大减少。电动汽车行驶 10 万英里消耗的电量产生的二氧化碳是 10 吨，而内燃机汽车则是 35 吨。很多评论家认为电动汽车清洁是因为加州发电站采用的是清洁原料。在亚利桑那州，有 67% 的发电站是煤电站，但是电动汽车也有助于减少 71% 温室气体（如二氧化碳）的排放量。

像加州和亚利桑那州这样的对比在美国东北部地区也存在。美国科摩罗联盟的一项研究显示，东北部地区的电动汽车可减少 99.8% 的一氧化碳、90% 的挥发性有机化合物、80% 的氮氧化物和 60% 的二氧化碳排放量。

根据美国西北地区空气使用管理协调委员会的研究表明，电动汽车比最清洁的极低排放汽车更能有效减少该地区的一氧化碳、温室气体和地面臭氧量。

未来，美国东北地区的电动汽车将收获清洁能源（如天然气）发电带来的利益。未来 15 年，煤电站将被现代的天然气发电站代替。就这一个改变就能大大减少发电站的排放。

美国有些东北部州也在开发可再生能源来为电动汽车充电，例如太阳能。EVermont 项目就是用太阳能系统为电动邮政货车充电的成功案例。该系统电网中安装了一组太阳能电池板，白天产生电能，晚上为电动货车充电。总体来说，产生的电能比使用的电能要多。

电动汽车和发电站的效率优势

用化石能源发电站充电的电动汽车与内燃机汽车相比有着独特的效率优势。电动汽车和发电站作为一个系统比内燃机汽车和加油站这个系统的效率高一倍，其效率对比见表 2-4。尽管化石燃料发电存在一定损耗，但是电动汽车在电能向机械能转化方面有着更高的效率。

表 2-4 电动汽车和内燃机汽车的运行效率对比

	电动汽车和发电站	内燃机与燃油冶炼
燃料生产	39%（发电）	92%（燃油冶炼）
传动系	95%	—
充电	88%	—
汽车效率	88%	15%
总效率	28%	14%

因为电动汽车比内燃机汽车的运行效率更高，所以总体来说它们的燃油经济性更好。但是，很难将两种汽车的燃油经济性进行直接对比。不过我们可以用常见能量单位（如英国热量单位 Btu）进行公正的比较。

在下面的例子中，我们将 1995 款 Acura 3.2 TL 和 GM 电动汽车 EV1 的燃油经济性进行对比，见表 2-5。

这两辆汽车的价格均为约 34000 美元，并且能在 8.5 秒内提速到 60 英里 / 小时。尽管 GM EV1 在发电时的热量（Btus）比 Acura 低 43%，但是它能够多行驶 350 英里，因为它比 Acura 效率更高。实际上把发电和充电的电能损耗算进来，GM EV1 的燃油经济性相当于 59 英里 / 小时。

表 2-5 电动汽车和内燃机汽车的燃油经济性对比

通用电动汽车		EV1 Acura 内燃机汽车	
初始热量 /Btus ^①	1 000 000	初始热量 /Btus ^①	1 000 000
启动后剩余能量（39%）/Btus	390 000	启动后剩余能量（92%）/Btus	920 000
充电后剩余能量（88%）/Btus	343 200	运输后剩余能量（95%）/Btus	874 000
每千瓦时对应的热量	3412	每加仑的热量 /Btus	115 400
可用电量 /（千瓦时）	100.6	可用油量 /（加仑）	7.6
能量经济性 /（千瓦时 / 英里）	0.19	燃油经济性 /（英里 / 加仑）	24
每百万 Btus 对应的英里数	529.5	每百万 Btus 对应的英里数	182.5
等效每加仑英里数	59	等效每加仑英里数	24

① 1 Btu=252 卡路里，是一种英国热量单位。

发电站排放物的清洁处理

我们前面已经讨论过发电站系统和电动汽车是如何提高空气质量、提高运行效率和节省燃料的，但是发电站排放物的控制效率如何呢？

控制几百座发电站的排放物要比控制 1.87 亿辆内燃机汽车的排放物容易得多。实际上，发电站在监测和处理排放物方面下了很多功夫，工程师们为努力保持发电站在峰值负荷时的运行效率，安装了一系列设备来处理排放物（如烟卤洗涤器）。在锅炉和烟卤之间安装的静电除尘器可减少 99.75% 的粉尘。利用该除尘器，德克萨斯州的发电站每年仅排放 3000 吨粉尘，较原先的排放量，减少了 1340 万吨，已远低于美国环境保护局制定的关于粉尘排放标准的规定。

在过去 7 年中，美国东北部地区的发电站，将氮氧化物的排放量降低了 55% ~ 70%。发电站在排放物控制方面的技术升级，将使电动汽车的环保优势更加明显。

催化式排气净化器

与电动汽车相比，升级内燃机汽车排放物控制技术则是另外一回事了。NESCAUM 律师 Drew Kodgak 说，内燃机汽车与发电站相比，污染更严重。内燃机汽车在寿命周期内，其排放的一氧化碳是发电站的 60 倍，挥发性有机化合物是 30 倍，二氧化碳是 2 倍。美国环境保护局预计每行驶 1 万英里，汽车的排放物会提高 25%，当内燃机老化时，它的发动机、催化净化器和其他的污染物控制设备效率将下降。所以说内燃机汽车最清洁的时候是它刚刚出厂的时候。内燃机汽车排放物控制系统的老化将会使排放的污染物增长至 90%。为了处理增长的排放物，美国政府开展了很多排放物检测项目，但是其中的大量项目都因为公众对于零部件修理费用的顾虑而出现不同程度的拖延。在马里兰州，如果内燃机汽车的驾驶员经认证，他们已经尝试过对排放相关零部件进行修理，那么即使他们的汽车无法通过污染物排放量的检测，也可获得豁免证书。新上市的汽车也不是最清洁的，如今市面最受欢迎的汽车非 SUV 莫属，占据新车市场 40%。这些“油老虎”提高了美国对进口石油的需求，降低了整体燃油经济性，增加了排放物。

今天的发电站能满足明天的充电需求

有些评论家怀疑现有的国家电网能否支持上百万辆电动汽车运行，美国电力研究所估计，现有的电网不用再建发电站也能支持 5000 万辆电动汽车运行，另一项研究则估计这一项数字接近于 2000 万。即便这样，2000 万电动汽车也仅仅占现今 1.87 亿汽车总量的 10%。如果用波谷时段充电的话，电动汽车数量还能够增加上万辆。此外，如果 2000 万辆电动汽车，每一辆都能保证行驶 10 万英里，将使现今二氧化碳量降低 5 亿吨，同时，不需要再建多余的发电站。

南加州爱迪生电力公司估计，他们有足够的非峰值电量来为 200 万辆汽车充电，这个数字相当于该地区汽车总量的 25%。同时，该公司还估计他们仅再需增加 200 兆瓦的电力就能够满足该地区所有电动汽车的需求。

小 结

总而言之，电动汽车将在降低空气污染，提高燃油经济性，打破美国对进口石油的依赖等方面具有重要意义。随着发电站不断提高自身运行效率，采用清洁能源如天然气和零排放能源，电动汽车将会继续成为我们改善空气质量的最佳方案。

现代科技使电动汽车变得更好，但电动汽车技术本身却鲜有革新。今天的电动汽车零件在一个世纪以前就已经很容易在马路上找到，你作为潜在的电动汽车制造者、购买者和改装者，一定很乐意去了解一下电动汽车漫长而传奇的历史。

下面，让我们简单地了解一下电动汽车的一些基本史实：

- 电动机先于内燃机出现。电动汽车早在 19 世纪中期就已出现，19 世纪末 20 世纪初实现量产，此后由于廉价汽油的出现产量逐渐减少。
- 即使是这样，电动汽车的衍生物——有轨电车、无轨电车、地铁和火车，因为更高的可靠性和效率，时至今日还在作为大众运输交通工具继续运营。

在电动交通工具领域众多的成就当中，我所见过的一项成就是纽约大都会运输署辖内，大部分的地铁和火车依然是电力驱动的，只有少部分用柴油驱动。此外，纽约大都会交通署还将天然气公共客车替换为混合动力电动客车，这些混合动力电动客车虽然不是纯电动的，但至少证明了一点：电动汽车比替代燃料更清洁，燃油经济性也更好。

3.1 回顾 20 世纪

直到 1915 年，从“新奇时代”电动汽车借鉴而来的电池和电动机组合作为起动机应用于内燃机汽车，助推了内燃机汽车的大流行。现在的内燃机汽车上使用的起动机系统与 20 世纪 20 年代的原型几乎相同，无太大变化。

在一些有限里程的应用中，纯电动汽车也很流行。20 世纪初就已经出现纯电动铲车，至今仍在使用中。1947 年发明的点接触型晶体管标志着纯电动汽车科技新时代的到来。不到 10 年，Henney Coachworks 就联合美国国家电气公司联盟和 Exide 电池生产商的力量，生产了第一辆基于晶体管科技的现代电动轿车——Henney Kilowatt。该车有两款车

型：36-V 和 72-V。其中，72-V 型的最高时速可达 60 英里 / 小时，充一次电后可持续行驶将近 1 小时。尽管 Henney Kilowatt 比以前很多电动轿车有更好的实用性，但是它的价格太高，所以 1961 年就停产了。虽然该车没有实现量产，但是它使用的晶体管电子科技为现代电动汽车的发展铺平了道路。

3.2 汽车发展史大事记

研究汽车的发展史就像研究一种经济现象。iPod 就是一个很好的例子。第一个 iPod 给人们带来的是新奇感受，第一百个 iPod 激起你强烈的购买欲望，第一万个 iPod 使你有机会拥有自己的一个 iPod，第一百万个 iPod 的新鲜感已荡然无存，到第一亿个 iPod 时，你会觉得它简直无处不在。汽车也是这样的，过去的经历改变了汽车的大环境，影响着当今消费者的愿望与需求。20 世纪初出现的新款 T 型车到了 20 年代就变成了过时的老爷车。50 年代的潮流车型和 60 年代的大马力跑车到了 70 年代就成了与潮流格格不入的老古董。曾经风靡一时的汽车因为消费者愿望和需求的变化，而成为今天的一堆废铁。

内燃机汽车将近百年的“黄金时代”正在日趋黯淡。曾经，廉价的汽油使汽车畅行于任何没有轨道的地方。但是，在过去的几十年中，这种风光正慢慢消退。同时，在 20 世纪 90 年代和 21 世纪初，随着加州零排放汽车规定的颁布，电动汽车开始了产业化进程。但是，由于汽车生产商的集体抗议，几乎毁灭了电动汽车的发展进程。直到奥巴马总统的提议，电动汽车才又出现复苏。虽然现在电动汽车和混合动力汽车的发展如火如荼，但是未来这些科技也不知道是否有退出历史舞台的那一天。

我们简单回顾一下历史，便知道为什么电动汽车会出现，消失又重新复苏。

3.3 电动汽车大事记

在蒸汽机、电动机和内燃机中，蒸汽机最早出现，随后便是电动机，最后是内燃机。因为北纬地区——美国、欧洲、亚洲——盛产煤矿和铁矿，所以使得蒸汽机变得尤为实用。蒸汽机促使后工业革命兴起，这为电气发明提供了沃土。电气设备又使得内燃机的出现成为可能。汽车的发展顺应了以上顺序。

➤ 直到 1915 年

这个时段见证了从“新奇时代”到“实用时代”，最后到“产品时代”的转型。在

“实用时代”里，人们只期望有一辆汽车能用最小的成本带着自己从一个地点到达另一个地点。蒸汽机和电气设备由于廉价汽油的出现而衰落，并于 1915 年之后，被内燃机彻底打败，销声匿迹。

➤ 蒸汽机 – 电动机 – 内燃机 – 电动机的转变

Cugnot 蒸汽动力汽车与 1900 年 Stanley 蒸汽动力汽车公司生产的汽车相差甚远，也比高性能的 Lear 蒸汽汽车要差，蒸汽动力汽车的问题还是在于蒸气。水需要很多热量才能变成水蒸气，而且在低温时又会冷冻住。为避免这些问题和“起动时间”问题，于是又有了新的科技进步。有毒液体代替了循环利用的水蒸气，有毒金属代替了更完善的锅炉、阀门、管道和回热器。

20 世纪初，蒸汽动力汽车在后两种汽车出现后便渐渐隐退了。在 20 世纪早期，蒸汽动力汽车毫无疑问地提供了顺畅、安静的行驶和加速性能。但是，蒸汽动力汽车加水比加燃油的频率要高，而且蒸汽机的设计尤其复杂，起动时间较长。

1900 年售出的汽车中，蒸汽动力汽车占 40%（电动汽车占 38%）。电动汽车的操作相对简便、可靠和轻松，燃油汽车则可以提供更远的续驶里程和更好的燃料效率。所以，蒸汽动力汽车渐渐衰落了，如今只有很少一部分汽车在使用蒸汽机。

当内燃机汽车还差几十年时间主导市场时，19 世纪 90 年代、1901 年和 20 世纪早期相继在洛杉矶、博蒙特和俄克拉荷马发现的油田使 42 加仑 / 桶的石油价格低至 3 美分 / 桶。当直流电和交流电系统使电灯替代煤油灯时，廉价的石油保证了内燃机汽车的胜利——1890 ~ 1910 年，汽油的价格一直徘徊在每加仑 2 ~ 10 美分。

就像洛克菲勒与石油一样，亨利·福特就是那个出现在正确地点（底特律）、正确时间（1908 年 10 月）、拥有正确创意（福特 T 型车）、标定正确价格（底特律离岸价 850 美元）的年轻人。福特既没有参加《芝加哥时报》Herald 车赛，也没有参加 1893 年 5 月 1 日的哥伦比亚世博会，但是这些赛事的新闻激发了他第一个创意设计——Quadricycle7 车型（1896 年）。

通用汽车在色彩、流线型、光顺性、动力强劲的六缸发动机和每年造型变化上的创新使福特 T 型车在 20 世纪 20 年代逐渐没落，即便价格已降到 290 美元一台。当时，内燃机汽车开始流行起来了。1900 年，美国将近 4000 万国民生活在少数的大城市里面（大部分在东海岸），城市马路宽阔。而另外 4000 万人口生活在马路泥泞的小城镇。在美国 200 万英里的马路中，只有不到 10% 的路面是铺砌的。超过 2500 万头马和驴

来提供货物的运输。在大城市里，煤油灯一直占主导地位，直到大量石油的发现，电灯才逐渐替代煤油灯。

3.4 内燃机汽车的黄金时代

第二次世界大战的同盟国都学到了什么？他们再一次学到了第一次世界大战的教训：谁掌握了石油的供应，谁就会赢得战争的胜利。

在北太平洋的战役中，同盟国几乎输给了德国——敌方潜水艇群的胜利几乎中断了英国、欧洲和非洲的石油供应。

当美国在第二次世界大战中为同盟国提供了 6/7 的石油的时候，美国政府认识到很快自己将变成一个石油净进口国。1932 年、1938 年相继在巴林、科威特和沙特阿拉伯发现了更多石油。1943 年，当全世界目光转向中东地区（其石油存油量估计有 6000 亿桶）的时候，美国政府提出了“凝固计划”，协助石油公司在沙特阿拉伯开采石油。但是几十年后，这项计划及其后续修订案被石油公司愤怒地拒绝，并纷纷改变了自己的选票。

3.5 第二次世界大战后的石油热

第二次世界大战后，压抑的消费者需求拉起了另一种闪电战的序幕——内燃机汽车。美国汽车的注册量成 4 倍增加，全世界其他地区的汽车产量翻了 20 番——从 1950 年的 1300 万辆增长至 1990 年的 3 亿辆和 2000 年代的 5 亿辆。

这个时期的石油开采正全速进行。中东地区的石油供应几乎取之不尽，用之不竭。20 世纪 70 年代早期之前的汽油价格一直徘徊于 20 ~ 30 美分 / 加仑。借助内燃机汽车的便利，美国人向郊区转移，通勤路程不用英里计算，而是分钟。人们并不关心汽车的燃油经济性如何。汽油供应量大而且廉价，商家之间的价格战使其更加便宜。

当时，环境是个鲜有涉及的话题，含义也不明确。高速公路以前所未有的速度建设着，在 1956 年艾森豪威尔总统颁发《州际公路法案》后达到顶峰，该法案授权了 42500 英里超级高速公路系统的建设。就像日本和欧洲的公共交通和铁路在二战中损失惨重一样，美国的几个主要工业巨头违反《谢尔曼反垄断法案》，在 20 世纪 30 ~ 40 年代对能节省公众开支的铁路、基础设施、城市轻轨和电车系统进行大肆破坏。内燃机汽车随着第一次世界大战的爆发在美国飞速发展起来。第二次世界大战后，全世界内燃机汽车数量的增长更加惊人。使这一切成为可能的原因是丰富的石油资源

和相对稳定的物价，美国的汽油价格在 50 年间仅从 10 美分上涨至 30 美分。从通货膨胀的角度来看，汽油价格实际上是走低了。为什么 50 年代的人不关心车的大小，60 年代的人不关心耗油量呢？因为那时候汽油比水还便宜。

但是也有一些问题随之产生：自从 20 年前开采出阿拉斯加油田和北海油田之后，再没勘探出大油田；第二次世界大战以来，人们对石油供应的担心与日俱增；50 年代开发出核能和天然气等替换能源；公众对烟雾天气的频发和空气质量充满抱怨；石油和核能造成的环境事故以及进口石油危机等。这些问题促使 1968 年《清洁空气法案》出台，规定了更为严格的排放标准。1973 年的第一次石油危机使美国三大汽车制造商受到重创。相比之下，由于日本和欧洲汽油价格一直较高（主要是包含较高的战后基础设施重建税），他们的汽车制造商拥有提高内燃机汽车燃油经济性的解决方案。墨西哥湾的石油泄漏事件也让人们看到这种事故不仅经济代价沉重，而且对环境还有毁灭性的破坏。

美国三大汽车制造商再也没能重拾丢失给国外汽车制造商的市场份额。进口石油供应的不稳定性也预示着内燃机汽车时代将日落西山了。从短期看，工业化国家和新兴的第三世界国家消费的石油量将前所未有地增长。但是，为消耗化石燃料的内燃机汽车寻求替代方案已经时不我待了。

3.6 石油霸主的曙光

1973 年 10 月，“赎罪日战争”之后的石油禁运引发了第一场石油危机。石油输出国组织从 1973 年 9 月起每月降低 5% 的产量，随后每个月在上个月的基础上额外再降低 5%，直到达到预期价格为止。就这样，该组织成功地给全世界工业国家制造了恐慌，造成了破坏。国家和石油公司间在市场上相互抢夺石油供应资源，过度购买石油又加剧了这种恐慌程度。几周前对汽油供应毫无紧张感的消费者们也排起了长队，纷纷要求加满自己的油箱。当一切尘埃落定时，美国消费者几个月以前只需支付 30 美分就能购买的 1 加仑汽油，飙升至 1 美元 / 加仑以上，并且仍然供不应求，如图 3-1 所示。

这一切是如何发生的呢？很简单，1951 年、1956 年和 1967 年接踵而至的石油危机都被美国政府和石油产能过剩化解。而到了 70 年代早期，这种过剩产能已经不多——1970 年美国的石油巅峰产量仅为 1130 万桶 / 天。直到 70 年代，石油工业还在集中精力控制生产量以稳定价格。与此伴随的是，相对较低的石油价格使石油开采投资和开采率减少，石油进口配额抑制着石油供应。但是石油消费需求的提升使得这种

生产控制手段大为不必。



图 3-1 石油禁运——不是开玩笑，我仍然记忆犹新

这次石油危机爆发于 1978 年 11 月伊朗石油罢工之后。伊朗是第二大石油生产国，每天出口石油 450 万桶。罢工之后，11 月中旬的出口量降至 100 万桶，并在 12 月底完全终止了石油出口。我还清楚地记得那时我正在纽约和父亲一起观看报道石油危机的电视节目。

石油供应的缺口被石油输出国组织的其他国家填补。1979 年 1 月中旬电视上充斥着伊朗国王的离去和最高统治者阿拉图拉·哈梅内伊上任的新闻。伊朗让世界确信再也不会回到原来亲西方的方式，并采取了 1973 年模式的石油囤积策略。政府、石油公司和消费者疯狂购买石油的行为加剧了石油危机，汽油价格从每桶 13 美元飙升到每桶 34 美元。

尽管 1979 年 3 月伊朗重新开始出口石油，但是 1979 年 3 月 28 日的三里岛核泄漏事件加剧了人们对核能的痛楚，并且彻底改变了公众对核能的看法。

1979 年，另外一些因素使石油危机在大部分工业化国家造成了前所未有的影响。许多原本提炼伊朗轻质原油的炼油厂无法从重质原油中提炼出足够的汽油。来自联邦、各州和本地政府的警察以及石油公司的不合作态度搅乱了汽油供应秩序。石油产品贸易商可以从长期协议和现货石油价格之间谋取暴利。他们抓住了人们“以任何价格最大程度购买石油”的普遍心理，人为抬高现货石油的价格。购买汽油的长队和定量供应侵入各个阶层人们的生活中。彼时，伊朗人质危机拉开序幕，全世界石油市场呈现出无政府状态。卡特总统随后发布伊朗石油禁运令，并冻结伊朗资产，这些措施也没

能缓解形势。今天，奥巴马总统执政期间，伊朗也没有什么改变，不是吗？

1980年6月石油输出国组织召开会议，将石油平均价格定为32美元/桶，但是该组织的石油存货量巨大，逼近的经济衰退使石油消费国的需求和价格均降低，进一步加剧了石油产能过剩。当伊拉克发动对伊朗的战争时，第一步计划就是轰炸其在阿巴丹岛的炼油厂（1980年9月22日）。这场战争的报复性后果就是伊朗降低了石油出口量，而伊拉克则完全终止了石油出口。1981年10月沙特阿拉伯将石油价格从32美元/桶提升至34美元/桶，创造了石油工业前所未有的繁荣景象。

3.7 电动汽车

电动汽车的发展与流行一直持续到1910年，此后经过一段时间的低落，直到1990年代才又出现短暂复苏。20世纪初，内燃机汽车的发展超越了蒸汽汽车和电动汽车。其中最主要的原因就是廉价而源源不断的国内石油（随后是进口石油）供应使汽油价格在1900～1920年之间一直保持在10～20美分/加仑。从而抑制了人们寻求内燃机汽车替代方案的兴趣，直到50年后（70年代）。

➤ 忘掉石油！电动汽车需要速度！

在第1章我们了解到电动汽车只要拥有功率更大的电动机、更多的电池、更好的功率重量比和更为流线型的外形设计，就能够最大程度满足用户对速度的需求。1899年，电动汽车最快速度的世界纪录是66英里/小时，同年，在给予开往曼哈顿地区各类车辆的超速罚单中，针对电动汽车的限速标准是12英里/小时，而刚进入新世纪，Baker牌电动汽车的时速就已达到了104英里/小时。

人们对电动汽车的兴趣复苏后，1968年Autolite牌电动汽车时速达到138英里/小时，1972年Eagle Pitcher牌电动汽车时速达到152英里/时，1974年Roger Hedlund设计的电动汽车则达到了175英里/小时。1992年，Satoru Sugiyama在日本建伍公司赞助下开发的“Clean Liner”电动汽车尝试用日本动车上使用的650hp富士电动机和113节松下铅酸电池以达到250英里/小时的速度。但不幸的是，在零部件上的一个小疏忽使其在第一天的试航中没能成功，而接下来的6天里，大风和坏天气则彻底摧毁了它的“速度周”。

如果你看到通用电动汽车Impact将马自达Miata和日产300ZX在0至60英里/小时的起步加速的比赛中打败，那么也会对今天电动汽车或美国电动赛车协会的任何

一辆比赛用车能达到高速度毋庸置疑。如果你对此概念还有所困惑的话，记住法国的TGV 电动火车的行进时速可达 186 英里 / 小时，最高可达 223 英里 / 小时，1993 年瑞典产的 X2000 电动火车从华盛顿到纽约的时速是 125 英里 / 小时（最高可达 155 英里 / 小时）。电动火车实际上就是在轨道上行驶的电动汽车。而且，没有人说电动汽车在速度方面不行。

➤ 美国电动赛车协会

美国电动赛车协会成立于 1997 年，致力于推进安全的电动赛车比赛和教育，并且记录电动赛车的比赛成绩。1999 年，时任该协会主席的 John wayland 携同副主席 Roderick wilde 和技术总监 Bill dube 联合国家高速汽车改装协会将电动汽车纳入该协会的赛事。1999 年，国家汽车改装协会比赛手册纳入了电动汽车。随后，国际汽车联盟赛车比赛手册里也加入了电动汽车。这是美国电动赛车协会发展中的里程碑，因为 1953 年制定的国家高速汽车改装协会比赛规则中规定，参赛车辆中必须安装一台内燃机。15 年以前，美国电动赛车协会已经拥有了来自 5 个国家的代表，并寻求与国家高速汽车改装协会的建设性合作关系。

1996 年 3 月，电动汽车科技比赛之后，有一群人在当地的披萨店开会讨论，他们想成立一个电动赛车协会。1997 年春天，来自全国各地的他们聚集在位于亚利桑娜州杰罗姆的 Wilde Evolutions 办公室，针对协会细则和部门设置召开了两天的会议。来自俄勒冈州波特曼市的 John Wayland 当选该协会第一任主席，Roderick Wilde 当选副主席，Lou Tauber 当选秘书长，Bill Dube 当选技术总监并负责撰写所有安全规则，Dean Granne 和 Stephanie Matsumora 分别当选网络管理员和会籍管理秘书。Dennis Berube 也曾出席该会议，并发表意见。这就是美国电动赛车协会的开始，至今仍在不断发展壮大，并在全国推动电动汽车赛事。1999 年，Bill Dube 和 Roderick Wilde 说服国家高速汽车改装协会将电动轿车和电动摩托车纳入该协会的赛事中。而该协会的比赛规则中有一条规定：参赛车辆中必须安置一台内燃机。1999 年该协会的新规则中则首次允许采用电动汽车。2008 年，美国电动赛车协会成为电动汽车协会的专门分会。

2012 年 1 月 20 日，美国电动赛车协会作为非营利组织和电动汽车协会的专门成员，成为国家高速汽车改装协会的“替代批准组织”，该组织成员包括哈雷赛车协会和美国赛车联盟。该组织中只有这三个协会是汽车赛车组织，其他的 5 个协会是摩托车

赛车协会。国家高速汽车改装协会副会长 Josh Peterson 表示,“替代批准组织”项目是为了让独立的批准组织按照国家高速汽车改装协会的赛道组织该协会以外的赛车项目。

国家高速汽车改装协会是 1951 年由 Wally Parks 创办的,是世界上最大的赛车批准机构。该协会拥有 4 万多辆注册的改装赛车,在美国和加拿大的 130 个成员赛道上进行竞赛。

➤ 续驶里程需求

在第 1 章中,我们针对电动汽车的续驶里程也有过阐述。电动汽车的续驶里程可以与许多传统内燃机汽车媲美。

- 1900 年,法国 BGS 电动汽车的续驶里程可达 180 英里。
- 20 世纪 70 年代,日产 EV-4H 电动载货车使用铅酸电池的续驶里程可达 308 英里。
- 1992 年 Horlacher 电动越野车使用 Asea Brown Boveri 的钠硫电池使续驶里程达到了 340 英里。同年 BAT 国际公司在—辆 Geo Metro 改装电动汽车上使用专用电池使续驶里程达到 450 英里。Geo 在 10 小时的测试中,平均时速可达将近 75 英里/小时。

电动汽车跑得远应该是毋庸置疑的,但是直到今天我们还在针对续驶里程同样的问题争辩不休。就像 Led zeppelin 所说,旧调重弹。

➤ Casey Mynott 专为速度打造电动汽车

Casey 是美国电动赛车协会的成员,对于电动汽车的速度有需求。他使用了一个 WARP 电动机(将在第 6 章进行讨论)和一个 Zilla 电机控制器(将在第 8 章详细讨论),这将使他在电动汽车赛事中一展身手。因为该车以追求高速度为目的,所以底盘需要进行额外的改进加固来保证它的速度。Casey 利用两台 WARP 电动机来提供额外转矩。

大部分美国人单次驾车的平均行驶里程不到 9 英里(千米),而且电力广泛存在于美国任何城镇区域,所以电动汽车不会比内燃机汽车缺少动力来源。如果有利可图,任何一处加油站肯定愿意拥有一个充电站。当电动汽车的数量增加到一定地步,Jack 和家人将忍不住会安装充电机。至今我还提醒人们,在密歇根州底特律市的福特汽车博物馆,仍然展示着福特夫人驾驶过的一辆底特律电动轿车(图 3-2)。

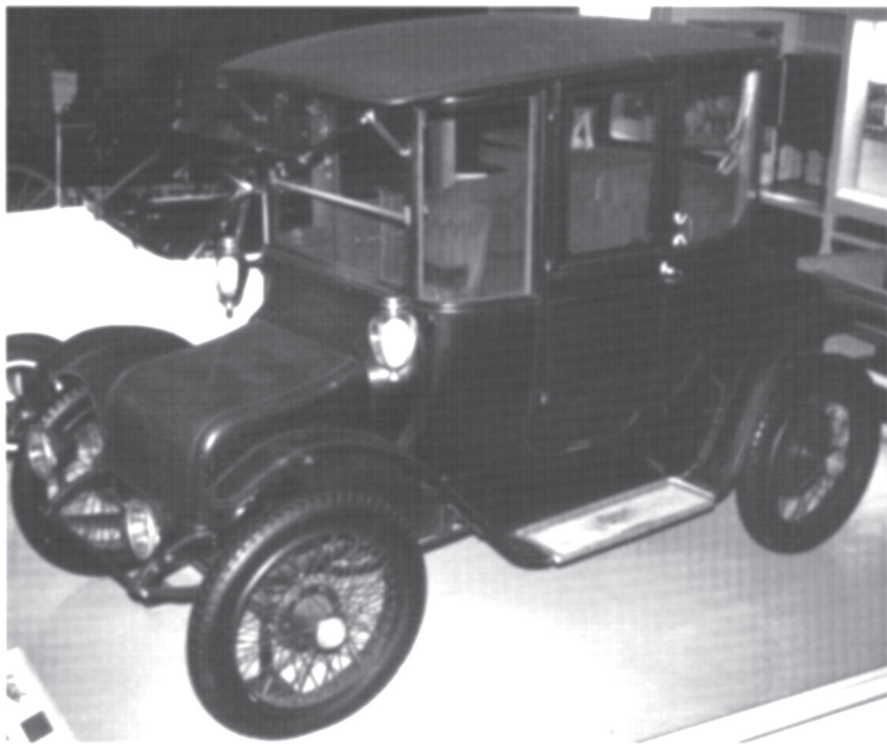


图 3-2 福特夫人驾驶过的底特律电动轿车现陈列于福特汽车博物馆

3.8 协会成立的必要性

➤ 全世界范围

由 Hisashi Ishitani 担任主席的世界电动汽车协会由以下成员组成：

- 电驱动交通协会 (Electric Drive Transportation Association)
- 亚太电动汽车协会 (Electric Vehicle Association of Asia Pacific)
- 欧洲纯电动汽车、混合动力汽车及燃料电池汽车协会 (European Association for Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicles)
- 电动汽车研究 (Electric Vehicles Research)
- 推动电动汽车发展的多边合作 (Multilateral Cooperation to Advance Electric Vehicles)
- 混合动力汽车与电动汽车科技及项目合作的实施协议 (The Implementing Agreement for Cooperation on Hybrid and Electric Vehicles Technologies and Programs)

混合动力汽车与电动汽车科技及项目合作的组织是 1993 年成立的，用于制作和宣传关于先进电动汽车、混合动力汽车和燃料电池汽车的客观信息。该组织是在国际能

源署框架下合作的国际会员组织。

➤ 北美地区

- 美国电动赛车协会 (National Electric Drag Racing Association)
- 电动汽车协会 (北美) 及其插电式混合动力电动汽车分会
- 东海岸电动赛车协会 (East Coast Electric Drag Racing Association)
- 混合动力轿车与电动汽车杂志 (Magazine about Hybrid Cars and Electric Vehicles)

➤ 欧洲地区

- 法国汽车协会 (Avere-France)
- eCars-Now!
- EV Cup
- 电动汽车充电系统 (Electric Vehicle Charge Systems)

3.9 锂离子电池启动电动汽车市场

2004 年锂离子电池科技的发展使得电驱动技术真正成为现实。这些在手提电脑和其他电池设备上已经证实的新电池解决了旧电池在循环使用稳定性和负荷电阻上的问题。将 100 节锂电池成组应用, 可以为电驱动系统提供所需电流 (将近 400A, 相当于标准家用电插座能力的 25 倍)。宝马集团抓住了这项新科技的机会, 启动了 Project-i 项目, 该项目是一个小型动态智囊团, 他们的任务是为世界汽车用户的未来需求开发可持续移动解决方案。该项目的启动项目就是 Mini-E, 它收集了自从 2009 年中期以来 Mini-E 测试车队中所有客户的经验和数据。

3.10 活动、汽车、书籍和电影的需要

➤ 从 20 世纪 90 年代至今

对环保的关心使人们又回到电动汽车的研发上来了, 通用汽车也认识到了这一点, 它引领了电动汽车的规模运行。在电动汽车领域前所未有的立法、合作和科技进步促使了人们对其兴趣的复苏。

20 世纪 90 年代的电动汽车受益于电子科技的发展，因为 80 年代排放要求不断强迫汽车制造商通过电子科技寻求解决方案。尽管 80 年代的人们对电动汽车的兴趣并不浓厚，但是这一阶段固体电子器件的能力却翻了 100 倍。微小的集成电路使 80 年代初期体积庞大的电脑缩小到可以在桌面上使用，到了 1990 年代还缩小到可以在你的掌心里使用。高功率电子设备的发展也突飞猛进。所有的可备替代的机械设备都已被电子设备取代以节省重量和功率（能量）。固体电子器件迎合不断增长的需求发展得日益高端。电池成了全球各国政府和企业合作攻关的目标。铅酸电池、钠硫电池、镍氢电池和镍镉电池的发展都迈向了一个新台阶。人们还开始逐步开展对前景广阔的锂聚合物电池的研究。

在坚实的科技进步的支撑下，20 世纪 90 年代的电动汽车变得更节能高效，逐渐具备从工程试验发展到产品生产的阶段。电动汽车发展的六个趋势：

- 通用汽车公司、福特汽车公司和克莱斯勒汽车公司的高层活动
- 新的独立、高端的制造商增添的活力
- 改进的新车型
- 高层次的海外活动
- 高层次的混合动力汽车活动
- 个人内燃机汽车改装的热潮

➤ 加利福尼亚州法规

20 世纪 90 年代和 21 世纪

多年来的高尔夫球车都是用电池驱动的，这很具讽刺意味。高尔夫球车促成社区电动汽车和低速汽车的兴起。低速汽车可以 25 英里 / 小时以下的速度在马路上合法行驶。社区电动汽车主要是由汽车公司在加州零排放法令结束以后提供给大众的。

据电动交通协会估计，2004 年美国总共运行有 56000 辆低速电动汽车，到了 2006 年 7 月，这一数量增至 60 000 ~ 76 000 辆。实际上，我在纽约电力局工作的最后任期内，从福特公司和克莱斯勒公司获得 250 多辆低速汽车捐赠项目。我相信到 2013 年，汽车公司已捐赠成千上万辆汽车来达到零排放指标。

在这一时期的初期出现了内燃机汽车的复兴，尤其是大型轿车、货车和 SUV 车型。加利福尼亚州的零排放法令促使汽车制造商掀起抵制电动汽车的浪潮，因为彼时内燃机汽车技术已相当成熟，他们不想被法律约束去制造其他车型。当汽车制造商联

手对抗联邦政府并发起诉讼程序时，加利福尼亚州空气资源委员会撤销了零排放法令。从此，汽车制造商可以不受强制要求制造电动汽车了。一旦制造商没有销售电动汽车的任务量，电动汽车项目便立即终止了。

在此阶段，汽车制造商大力发展了其他汽车科技。克林顿总统执政时期的“新一代汽车项目”刺激了汽油混合动力汽车的发展。底特律在这段时期内没有实际部署混合动力汽车，而具有竞争精神的日本汽车制造商则着力该领域开展研发。这催生出了一系列流行车型，比如本田 Civic 混合动力汽车和丰田 Prius。大部分汽车制造商最终都提供了至少一款混合动力车型。在美国国内汽车制造商中，氢能源成为新概念汽车的替代能源选择，并且承诺 2010 年将占领大众市场。接近 2010 年时，示范运行了将近 175 辆氢燃料电池汽车，但没有一辆在展厅得到展示。

随着公众对于石油独立问题的觉醒——气候变暖、政治不稳定性和空气质量引起的公共健康问题——人们渐渐开始关注插电式汽车。在很大程度上，这是被 Chris Paine 导演的《难以忽视的真相》（2006 年）、《谁消灭了电动汽车？》（2006 年）和《电动汽车的复仇》（2012 年）和高涨的汽油价格激发的（图 3-3）。



图 3-3 《谁消灭了电动汽车？》（2006 年）和《电动汽车的复仇》（2012 年）导演 Chris Paine

插电式汽车逐渐成为人们环保的选择，并赢得关心能源安全问题的两党议员的支持。他们赞成用这种廉价、清洁的电力资源来驱动汽车，替换原来昂贵、脏污的进口石油。这种广泛的认同感和递减的汽车销量迫使汽车制造商不得不开发新的车型来代

替内燃机汽车。

新科技也激发了人们的热情。汽车制造商开始研发低速电动汽车、混合动力汽车、插电式混合动力电动汽车，普通消费者也开始打造自己的电动轿车。驾驶者基于汽车构型，可能每周通勤时会选择用电动模式驾驶，行驶较远距离时才选择用汽油。这种“两全其美”的概念重燃了人们对电动汽车的热情。插电式汽车受益于新一代锂电池科技，它比铅酸电池和镍氢电池储存的能量更多，能支持更远的续驶里程。

立法为电动汽车的发展起到了“胡萝卜加大棒”的作用。1998年，加利福尼亚州政府规定每个汽车制造商新生产的轿车中，必须有2%是零排放汽车（只有电动汽车科技能满足这一要求）。2003年，这一比例提高到10%。这就意味着1998年和2003年，加利福尼亚州地区将分别有4万辆和50万辆电动汽车上路。

很快，美国东北部各州开始效仿加利福尼亚州的做法。在《1998年替代燃料法案》约束下，为了达到燃油经济性目标，每辆电动汽车按照油耗为200~400英里/加仑的轿车进行统计。但是立法也同样带来了好处。加利福尼亚州政府提供了各种各样的财政刺激方案，购买一辆电动汽车可获得9000美元的补贴。还有一些非财政刺激政策，例如电动汽车里只乘坐一人时也可以通行“高承载率车道”。《1992年国家能源政策法案》规定，每购买一辆电动汽车可获得购买价格10%、最高不超过4000美元的联邦税收抵免。其他国家也开始效仿。日本制定了2000年达到20万电动汽车的运行目标，法国和荷兰也采取了相似的税收刺激政策鼓励消费者购买电动汽车。

加利福尼亚州项目是由加州空气资源委员会设计的，用来减少空气污染，而不仅仅局限于推广电动汽车。该条例起初只是要求驾驶零排放车辆，但没有具体要求采用什么科技。当时，只有电动汽车和氢燃料电池汽车满足要求。因为燃料电池汽车面临科技和经济挑战，而电动汽车正好满足这项规定的。最后，在诸多制造商和联邦政府的压力之下，加利福尼亚州空气资源委员会将零排放车辆的要求替换为推行少量零排放车辆来促进超低排放车辆的研发。超低排放车辆的排放物是普通低排放车辆的10%，而且没有挥发性排放物。推行零排放车辆使空气污染有效达标，但是市场调节作用促使大多数制造商很快终止了自己的电动汽车项目。

因为电动汽车项目被破坏了，市场上开始兴起混合动力汽车和清洁汽油汽车。通用汽车的EV1和EV2、克莱斯勒公司的电动旅行车Epic、福特的Ranger、本田的EVPlus、日产的Hypermini（现在销售的是日产Leaf，如图3-4）和丰田的RAV4电动轿车（图3-5）都被召回或损毁。在公众压力和民间组织（例如美国插电式汽车网、热

带雨林行动网和绿色和平) 掀起的活动下, 这些电动汽车还在私人消费者手里存有约 1000 辆。



图 3-4 日产 Leaf 在 2011 年纽约车展中展示



图 3-5 丰田 RAV4 不能被销毁!

对电动汽车的低迷需求使得这些车现在通常在二手市场出售。这一阶段的起伏催生纪录片《谁消灭了电动汽车?》的诞生。该片 2006 年在圣丹斯国际电影节首映, 并由索尼经典影片公司在大众电影院放映。

➤ 9·11 事件之后

2001年9月11日，世贸中心和五角大楼被恐怖分子撞毁之后，我们很清楚地认识到对进口石油的依赖正威胁着我们的国家安全和金融安全。石油价格达到了140美元/桶，汽油价格超过了4美元/加仑，这些促使人们又开始接受和理解电动汽车。9·11事件也结束了廉价而稳定的石油价格时代。现在，我们面临着能源安全的严肃讨论，降低对进口石油的依赖，应对全球环境问题。

➤ 通用汽车公司的觉醒

图3-6演示了电动汽车的经历。电动汽车回到通用公司，因为它曾经是美国汽车历史上的一部分。石油问题、国家安全和气候变化使通用公司认识到我们需要电动汽车来帮助稳定国内经济。雪佛兰 Volt 汽车成为通用公司自己打造的电动汽车。



图3-6 通用汽车 EV1 与 1915 年底特律电动汽车相邻

2006年1月，通用公司副总裁 Bob Lutz 曾经是 EV1 项目（图3-7）的主要反对者，现在则成了践行者，并相信汽车的电动化将是保存美国汽车文化的唯一途径。他说：“我们对于怎样应对丰田积极的公关而苦恼。”那个个月，通用公司推出了雪佛兰 Volt。

通用汽车公司总裁 Rick Wagoner 原来也不是电动汽车的拥护者。但是卡特里娜飓风吹高了石油价格之后，他的态度改变了。对于 Wagoner 来说，这是石油市场即将不稳定的信号，预示着黑暗时期的来临。布什政府的能源政策也变了，在布什总统的《国情咨文》中，他催促国会实施更加严格的燃油经济性标准。到2008年1月，雪佛兰 Volt 成为通用公司绿色战略的核心产品。



图 3-7 在《谁消灭了电动汽车？》纪录片中有通用公司 EV1 被销毁的画面

2009 年 3 月 19 日

奥巴马总统今天宣布了两项重要项目的实施，它们将推动下一代电动汽车在美国的发展，并提升国内就业率。作为《美国复苏与再投资法案》的一部分，美国能源部宣布拨款 20 亿美元用于制造先进电池和相关驱动零部件，拨款 4 亿美元用于交通电动化示范和推广项目。

这些项目不仅将降低石油使用和温室气体排放，而且将加快美国经济复苏，保障国家能源安全，实现环境可持续发展。今天的宣言将帮助总统实现 2015 年运行 100 万辆插电式混合动力电动汽车的目标。

这些拨款详见以下文件：

- 《复苏法案：交通电动化》(DE-FOA-0000026)
- 《复苏法案：电动汽车电池及零部件制造倡议》(DE-FOA-0000028)

通用汽车公司总裁是否后悔没有将电动汽车技术发展得更快呢？的确如此。Wagoner 总裁后悔他当时撤销了 EV1 项目，并坦承低估了中国和印度消费市场。

如今，这一切已不再重要，重要的是 Wagoner 是否能坚守他的承诺。“这是我们行业有史以来面临的最大挑战，影响着我们思考的任何问题。”

Wagoner 在美国公共广播电台的采访中说：“我们的汽车工业已有约 100 年的历史，而 98% 的动力来源于石油。我们做好了在下一阶段改变这一情况的准备。在未来汽车工业的 100 年里，在电池领域的发展以及其在汽车上的应用和我们研发雪佛兰 Volt 所做的工作都将是重要的里程碑。”

除了通用公司在 9·11 事件后恍然大悟以外，一些汽车改装公司，例如 Clunn's Grass Roots 公司也看到了改装电动汽车需求。越来越多的人开始购买改装电动汽车、电动轿车、低速电动汽车、混合动力轿车和插电式混合动力汽车。汽车公司、公众、媒体和自由市场都开始认识到电动汽车需要成为我们未来汽车工业一部分的事实。

➤ 21 世纪的电动汽车

“打造自己的”现象在 21 世纪得以应用于改装车上，汽车公司将自己的轿车改装成纯电动汽车。俗话说得好，种瓜得瓜，种豆得豆。人们曾经为方便通勤而造的电动轿车，现在吸引着越来越多的注意力，销售额不断提升。Commuters Cars 公司推出的 Tango（图 3-8）、Corbin Sparrow 和 Phoenix 电动汽车就是极好的例子。它们不仅和其他轿车看上去不一样，而且是电驱动的，时速为 70 英里/小时，续驶里程可达 100 英里以上。



图 3-8 Commuters Cars 公司推出的 Tango

正如前面所提到的，早在 35 年前人们就曾成功地将内燃机汽车改装成电动汽车。而这整个时期几乎没有听到反对者的声音。很具讽刺意味的现实是，电动汽车先于内燃机汽车产生，也会晚于它结束。如今，电动汽车的发展逻辑是从燃油汽车到油电混

合动力汽车，到插电式混合动力电动汽车，再到纯电动的特斯拉汽车。

特斯拉汽车公司位于硅谷，在 2006 年 7 月 20 日推出了 185 千瓦（248 马力）的 Roadster 跑车。2008 年 3 月，该公司正式投产 Roadster。Roadster 拥有新设计的交流驱动系统、新控制器、新电动机和新电池系统。

如图 3-9 所示的 Roadster 为你在车里的每个时刻提供全部性能，即便是在红绿灯前也同样如此。它的峰值扭矩可从 0 开始一直持续到 13 000（转 / 分钟）时。这使特斯拉 Roadster 比最好的运动跑车的效率还要高 5 倍，它的续驶里程可达 220 英里，而污染物排放却只有传统汽车的 1/10。其预估的售价为 6 万美元，随后会推出 3 万美元的车型。



图 3-9 特斯拉公司推出的电动跑车 Roadster

特斯拉 Model S 是为大众推出的另一辆个性化跑车。更值得期待的是，公司还会推出更多的价格仅为 3 万美元的汽车。

丰田 RAV4 和 Scion

丰田 RAV4 是使用现有汽车平台来打造你自己的电动汽车最经典的好榜样。另外，它也是 20 世纪 90 年代和 21 世纪初反抗加州法令的人所销毁的电动汽车之一，参见《谁消灭了电动汽车？》。购买现有的电动汽车，比如 Scion，装上最好的电池、电动机和控制器，感受它的性能。

丰田 RAV4 电动汽车

最近有些错误报道称 2012 款 RAV4 电动汽车仅面向车队和汽车共享项目销售。

我们想澄清一下事实，2012 款 RAV4 是会向大众出售的。我们预料到公众对

RAV4 电动汽车的兴趣，也很想告知消费者未来我们还会推出一款纯电动丰田汽车。

丰田公司是 2012 年向市场推出两种纯电动汽车的唯一汽车制造商——RAV4 电动汽车和 Scion iQ。RAV4 面向大众销售，而 Scion iQ 仅面向车队和汽车共享项目销售。

日产 Leaf

日产公司于 2010 年在纽约熊山州立公园首次发布汽车电动化战略。我曾在一辆日产 Cube 底盘上测试过一辆电动汽车样车，后来这辆车便称为日产 Leaf。这款车从 2012 年上市起就十分畅销。根据日产公司先进汽车工程部经理 Masahiko Tabe 所言，该车将分地区进行测试，加利福尼亚州就在测试地区之内。加州因其严格的排放标准，成了众多汽车制造商眼中测试替代能源汽车的试验场。

日产公司在短短 6 个月内在挪威就出售了 1000 辆 Leaf 汽车，占 2010 年 2 月整个汽车市场销售额的 2%，这充分展现了综合刺激措施和完善的充电设施的效果。政府的支持以及完善的充电设施帮助 Leaf 成为日产公司 2 月份在挪威最畅销的汽车，同时也是第九大畅销轿车。挪威对购买电动汽车的支持力度在欧洲是最高的，没有增值税、新车购置税，可以免费停车，免收某些收费站的通行费，在奥斯陆还可行驶公交车道。奥斯陆现在的路边充电桩已达到 3500 个左右，其中很多都是免费使用的。

日产公司在欧洲的零排放战略总经理 Olivier Paturet 在交车仪式上很欣慰地评价：

我们很高兴看到挪威政府与我们有着同样的雄心壮志，大力推广电动汽车。挪威对电动汽车的组合政策是无法超越的，充电设施建设也很完善。我们可以预料到，挪威将是采取积极措施鼓励市民驾驶电动汽车的领导者。我们未来电动汽车在挪威发展得更好，基础设施也将得到进一步提升。

2010 年 4 月 25 日 12:30，挪威环境部部长 Bard Vegar Solhjell 在日产 Leaf 汽车千车交车仪式上将一把钥匙交给 Nils Haugerud。经销商 Birger N. Haug 也出席了该仪式，他销售了这 1000 辆汽车中的 550 辆，成为全世界 Leaf 汽车的最大经销商。

这些销售业绩都是由一批精挑细选的经销商团队创造的，日产公司还会扩大这个团队，挪威区域经理 Pal Simonsen 解释道：

Leaf 对于我们和去年开始销售该车的 9 个经销商来说是一个成功案例，所以很自然地我们会从日产公司的其他经销商中拓展销路。我们对于 Leaf 在挪威的业绩非常满意。Leaf 在短期内成为我们第二大畅销车型，证明了电动汽车可以有效成为内燃机汽车的强劲对手。未来我们会孜孜不倦地致力于 Leaf 汽车的推广，并与经销商联手在商业战略上走得更远。

想了解更多关于日产电动汽车的信息，可访问 www.nissan-zeroemission.com。

福特 Focus 电动汽车

福特汽车公司选择了 LG 化学集团的下属子公司 Compact Power 公司（CPI）为其 2011 年在美国销售的 Focus 电动汽车制造锂离子电池组。CPI 公司位于密歇根州特洛伊城。该公司从 2011 年起开始为 Focus 电动汽车制造电池组。公司也想“在美国确定一个生产厂”。但是，由于刚起步，这些锂离子电池将由 LG 公司在韩国生产。之后，LG 公司将会把电池交由 CPI 公司在本地生产，新的生产厂将设在密歇根州霍兰市。

福特公司的电动汽车战略包括：

- 福特 Transit Connect 电动汽车
- 福特 Focus 电动汽车

“福特公司工程小组能够获得电池从充电到耗尽的数据、每次充电后的续驶里程以及整车运行状态数据，”福特公司的 Lightner 说。图 3-10 所示为 Focus 汽车的充电口。

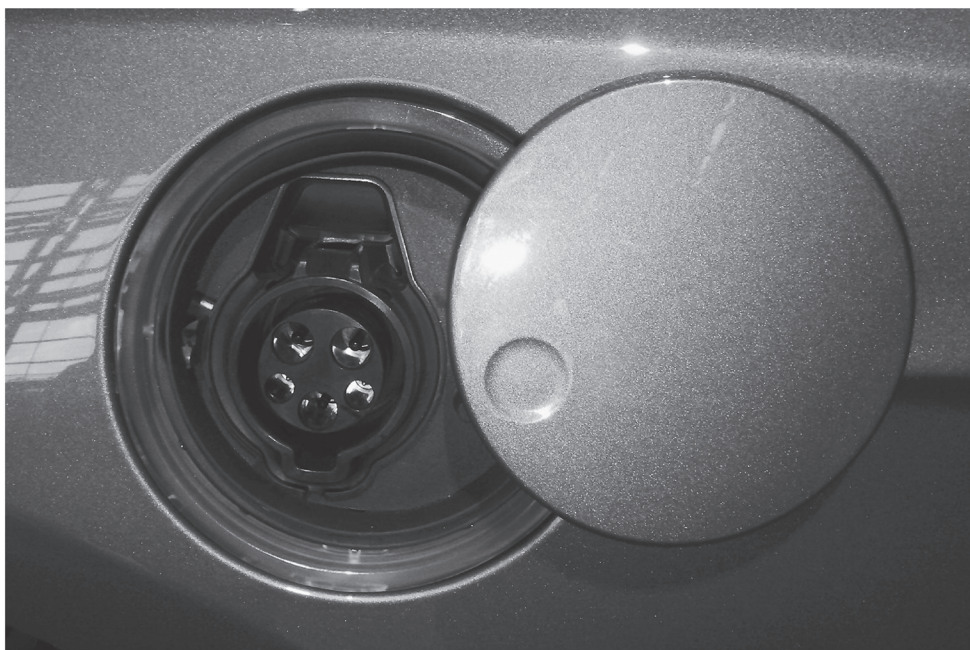


图 3-10 福特 Focus 电动汽车的充电口

Focus 电动汽车的转向、操作和制动感觉与 Focus 燃油汽车一样敏捷、轻巧。“Focus 电动汽车不失传统汽车的动态性能。”福特电动化项目主任 Sherif Marakby 说，“它和同款燃油汽车拥有很多相同的优质部件和性能，但是它的效率更高，驾驶感更好。”

该车有标准的 120 伏充电接口，因为采用的是锂电池，所以通常在下午 6 点～早

上7点充电。或者你可以在家安装一个电动汽车充电桩，每天用240伏壁挂式充电机充电或用车载120伏电源线充电。

“我们非常看好Focus电动汽车的市场潜力。每天都有很多人给移动电器设备充电，所以我们相信大家对于给汽车充电也很易于接受，因为真的很简单。”福特公司全球电动化主任Nancy Gioia说，“不仅因为我们把充电技术做得很简单、直接，而且我们还和领先的技术公司和电力公司合作把电动汽车做得更强劲、更吸引人。”

福特 Transit 电动汽车

福特 Transit 电动汽车是纯电动商用货车，采用 Azure Dynamics 公司出品的电驱动系统 Force Drive，由通用汽车公司在密歇根州利沃尼亚市装配。该车在宣布合作研发零排放汽车计划后13个月就上市了。迄今为止，所有产品都是定制化生产。Azure Dynamics 公司的首批七家客户在2010年交付第一批车辆，到2011年交付全部车辆。这些客户包括 AT&T、南加州爱迪生公司、Xcel 能源公司、江森自控公司、纽约电力公司、加拿大邮政局、多伦多大气基金 EV300。2012 年底还确定了首批更多客户名单。

福特公司在2009年10月与 Azure Dynamics 公司签署合作协议，采用 Azure 的 Force Drive 电驱动技术将 Transit Connect 货车进行改装，采用了江森自控和 Saft 的先进锂电池，协议明确2010年底第一批汽车在北美上市。第一批产品从2010年第四季度开始投产，直到2011年4月福特 Transit Connect 电动汽车得以全能力生产。

“供应商协同对于福特的所有生产项目都很重要，但是把从签订合同到生产汽车的时间控制在13个月以内也很关键。”福特公司电动化项目负责人 Sherif Marakby 说，“Azure 和福特浓厚的团队协作氛围对于该项目的开展至关重要。”

“Transit Connect 电动汽车项目是我们产品开发方法的一个重要代表。” Azure 公司 CEO Scott Harrison 说，“我们能够专注于 Force Drive 动力传动的集成方案，并从福特建设全球汽车平台的专长中受益。同时，通过与 AM General 公司签订人力和装配服务合同来控制成本。”

密歇根经济发展公司为 Azure 公司提供奖励基金来鼓励挑选一家密歇根的合作商完成最后的装配工作。Azure 选择 AM General 使用其在密歇根州利沃尼亚市的生产基地装配 Transit Connect 汽车。AM General 作为汽车装配和服务的长期合作厂家对 Transit connect 汽车的最终改装负责。Transit Connect 电动汽车和 Focus 电动汽车于2011年上市，它们的销售情况都远远好于预期。

凯迪拉克

全新的凯迪拉克 Converj 概念车是一款采用了增程式电动汽车科技的豪华轿车。其量产车型将命名为凯迪拉克 ELR。凯迪拉克 ELR 的开发工作已经启动，其性能、价格和上市时间等细节都将于日后公布。

凯迪拉克 ELR 将采用由 T 形锂电池、一个电驱动单元和一台四缸发动机 / 发电机组成的电驱动系统。它使用电力作为首要动力源，这时不使用汽油，不排放尾气。当电池能量较低时，ELR 将无缝切换至增程模式，继续行驶几百英里。

“这一概念瞬间激发了无限热情。”凯迪拉克市场部副总 Don Butler 说，“ELR 就像凯迪拉克过去其他里程碑款式一样，将体现一些特有性能——电驱动系统设计与豪华轿车操控的完美结合。”

凯迪拉克选择了 ELR 这个名称，用来暗示该车的电驱动科技，并与该品牌的国际车型的三字命名传统保持一致。“Converj 概念车点燃了豪华旅游轿车与电动化相结合的想法，”通用公司环球设计部副总 Ed Welburn 说，“毫无疑问只有凯迪拉克，其具有侵略性的、前倾的侧面轮廓和比例展示了它是具有独特造型和现代感的豪华私人轿车。”凯迪拉克后来又增加了两款新车型，XTS 大型豪华轿车和代号为 ATS 的全新紧凑型豪华轿车。

仅在欧洲上市的沃尔沃

沃尔沃汽车集团的电动化科技包括解决电池安全问题的系统方案。所有沃尔沃轿车的现有安全系统都将应用于其电动轿车上。

沃尔沃集团和电池制造商在产品生产和回收方面都肩负着深远的产品责任。这也保证了电池寿命用尽后的合理处理。

Smart Fortwo 和奔驰 E 系

在开发新一代产品时，Smart Fortwo 从丰富的经验和过去两年全世界客户的反馈中获益颇多。第一次采用 Deutsche Accumotive 公司的电池，55k 瓦电动机使其达到了 120 千米 / 小时的速度。在 13 秒内可从 0 加速到 100 千米 / 小时，使得在城市高速公路上行驶起来也觉得十分惬意。17.6 千瓦时电量的电池使其在城市中可行驶 140 千米而不产生任何排放物。（电能消耗：综合工况 15.1 千瓦时 / 100 千米；二氧化碳排放：0 克 / 千米；能量效率等级：A+）。

完全放电后，利用大多数国家的电力系统，通过普通家用插座或充电站充电最多需要 8 小时即可达到满充（一夜的时间）。为了享受快充的自由，也可以在车上增加快

充功能。22k 瓦的车载充电机可使电池在 1 小时内满充。在家中或工作地点给汽车充电时需要使用一段电源线来连接公用快速充电机或壁挂式充电机。

因为该车的零部件来自德国博世公司和赢创公司的合资公司，而且因为该车是在法国汉巴赫的一家工厂生产，所以新型 Smart Fortwo 电动汽车可以称得上是第一辆真正的欧洲电动汽车。新型的“销售与保养”模式使电动汽车的优势尤为明显：电动汽车为客户提供了以诱人价格购买和租赁汽车的可能性，客户也可以按月租赁电池，或者购买和租赁包含电池的电动汽车。

本田飞度

我曾在自己网站上写道，本田飞度电动汽车使用同样的五座布局和流行的掀背式设计。飞度电动汽车量产车型引入时，会采用锂电池和同轴电动机驱动，速度最高可达 90 英里 / 小时，续驶里程为 100 英里。该系统允许驾驶员从“经济模式”到“普通模式”到“运动模式”进行无缝切换，以使效率最大化或提高加速性能。当汽车处于“经济模式”时，实际的续驶里程可比“普通模式”提高 17%，比“运动模式”提高 25%。该电动汽车充电也较容易、方便。使用 120 伏插座可在 12 小时内充满电，使用 240 伏插座则只需 6 小时。

《今日美国》的 Chris Woodyard 最近撰写了一篇文章，讲述如何用 399 美元月租驾驶本田飞度电动汽车，而购买价格是 36325 美元。本田电动汽车主攻租赁环节——至少最初是这样的。对于大多数打算拥有电动汽车的人来说，这是一个非常有战略性的有效途径。我相信这也是使公众接受该车的前期阶段。肯定会有人像接受其他科技或设备一样为它买单。所以一年之后，价格就会降下来。但是，也可能会有人考虑到税收刺激政策而选择购买电动汽车。

2013 飞度电动汽车以单次充电续航 123 英里城市公路或 76 英里高速公路 / 城市公路。但是随后遇到了丰田插电式汽车普锐斯和福特插电式 Focus 等劲敌。

混合动力电动汽车与插电式混合动力电动汽车

现在电动汽车几乎在所有价位都能买到。如果你不知道怎样改装一辆电动汽车，那么可以购买一辆新的混合动力汽车，例如丰田普锐斯，价位在 2 万美元，或者购买一辆 1 万美元的二手车。油电混合动力汽车并不是解决我们能源问题的终极答案，但是它的确给我们提供了优秀的平台来开发电动汽车零部件，比如电动机、电池和传动系统，而且它使用的汽油量大大低于同款内燃机汽车。

但是，还有更多的好消息。很多人还没有等到 2020 年，就已达到了“燃料使用效

率标准”提出的 35 英里 / 加仑的燃油经济性目标。有些人驾驶的插电式混合动力电动汽车甚至可达到 100 英里 / 加仑。在美国，有 4 万人驾驶电动汽车，既不耗油，又不产生排放物。从高性能汽车到低速电动汽车——在过去的 5 ~ 7 年中，电动汽车的总数量大幅度增加。

以加州安大略市为生产基地的 Phoenix 电动汽车计划制造中型 SUV 和运动型多用途货车 (SUT)，其续驶里程为 130 英里，价位在 4.5 万美元，使用 Altairno 公司的 NanoSafe 电池。现在还在研发续驶里程超过 250 英里的另一款电动汽车。纳米技术大大提高了该公司的锂电池性能，可以在 10 分钟内完成充电，单次充电可续航 100 英里，最高时速可达 95 英里 / 小时。

特斯拉汽车公司是位于硅谷的创业公司，并于 2006 年 7 月 20 日推出了 185 千瓦 (248 马力) 特斯拉 Roadster。2008 年 3 月，特斯拉公司开始进行 Roadster 的常规生产。2012 年，该公司出售了第一辆电动轿车 Model S，估价为 6 万美元，随后计划推出 3 万美元的车型。

REVA 电动轿车

REVA 是印度生产的一款城市轿车。其在英国和欧洲其他国家以 G-Wiz 名称出售。在美国，它归类为社区电动汽车或低速汽车，只允许在社区里使用。CityEl 是德国生产的一款三轮电动汽车。Modec 公司是一家英国汽车公司，生产电动厢式货车。还有很多独立公司都销售电动轿车。自由市场见证了电动轿车的数量如何在全世界迅猛增长，所以，为自己挑选最适合的那一款吧！

奥迪电动汽车 e-tron

奥迪汽车的电动化未来将是高度动态的。R8 e-tron 在纽堡林北侧赛道创造了量产电动汽车的世界纪录，该赛道是世界上最难的赛道。赛车手 Markus Winkelhock 在 8:09.099 分内驾驶 R8 e-tron 高性能纯电动赛车跑完 20.8 千米。该车继奥迪公司在纽堡林和勒芒赛事赢得 24 小时耐力赛冠军之后又树立了一座里程碑。

“R8 e-tron 在全世界最难的赛道上充分展示了其潜能。”奥迪公司主管技术发展部的 AG 董事会成员 Michael Dick 说。他本人曾驾驶 R8 e-tron 完成过快速单圈。他说：“创造世界纪录证实了我们的决策是对的。对我们而言，生产电动汽车从来谈不上奉献，而是激情、运动快感和驾驶乐趣。”

与内燃机赛车创造的世界纪录一对比，就会发现 8:09.099 分这个记录是多么不可思议：7:11.57 分是由阿波罗赛车创造的，该车使用了 515kW (700 马力) 奥迪 V8 汽油发动机。

Markus Winkelhock 驾驶的 R8 e-tron 的驱动系统和年底即将上市的量产车型是一模一样的。电动机输出功率为 280 千瓦，转矩为 820 牛米。起步时，后轮转矩将超过 4900 牛米。R8 e-tron 可在 4.6 秒内从 0 加速到 100 千米/小时。其最高速度限制在 200 千米/小时以内，但是在创纪录的比赛中，可达到 250 千米/小时。

R8 e-tron 使用的可充电锂电池可储存的能量为 49 千瓦时，对于 215 千米的续驶里程来说绰绰有余。T 型电池系统可安装在中央通道和驾驶舱与后轴之间。电池可利用滑行和制动产生的能量进行充电。R8 e-tron 的超轻车身的主材料是铝，这也是为什么这辆高性能赛车，即使包含电池其重量也仅为 1780 千克的原因。

奥迪公司为了进一步突出 R8 e-tron 的产品实用性和驱动技术性能，又在纽堡林赛道上创造了单圈记录以外的另一项纪录。随后，Markus Winkelhock 驾驶 R8 e-tron 行驶两圈，速度限制在 200 千米/小时以内，两圈都在 9 分钟之内完成，分别为 8:30.873 分和 8:26.096 分。

32 岁的 Markus Winkelhock 居住在斯图加特附近，几周前他曾驾驶奥迪 R8 LMS ultra 在纽堡林赛道上与 Marc Basseng、Christopher Haase 和 Frank Stippler 的较量中赢得冠军。“当然，奥迪 R8 LMS ultra 已经是批量生产的汽车，不是借助空气动力学的赛车。” Winkelhock 强调，“但是，因为它低重心和质量分布向后偏置的设计，所以富有很多运动特质。电动机转矩足够大，也没有任何噪声，这对于我来说的确是个全新的体验。在需要牵引力的时候，它的转矩控制系统（负责转矩在驱动轮间的分配）帮了我很大忙。”

Michael Dick 自豪地总结了纽堡林创造纪录后的赛事，“我们在短短几周内，已经战胜了诸多挑战，现在处于我们所有驾驶理念的前沿。”他说，“我们的 10 缸奥迪 R8 LMS ultra 在 5 月赢得了纽堡林 24 小时耐力赛冠军，6 月中旬在勒芒 24 小时耐力赛中，奥迪 R8 e-tron Quattro 取得冠军，这是第一辆混合动力汽车在全世界最难的赛道上取得的胜利。现在 R8 e-tron 纯电动跑车又在该赛道上创造了新的世界纪录。”

电驱动的近期趋势

现在我们的电动汽车可以有很多选择。特斯拉 Roadster 大概 10 万美元，并且该公司计划推出价位在 6 万美元的产品。你也可以 7.3 万美元的价格从 AC Propulsion 公司订购 eBox 电动汽车。还有 Vectrix 现在也出售一款可在高速公路合法行驶的电动摩托车，价位在 1.1 万美元。你也可以购买各种电动自行车，性能较好的自行车价位为 1000 ~ 2000 美元。

TH!NK 现在也开始在欧洲和北美出售汽车。该公司甚至还研发了一款全性能电动轿车。丰田公司、福特公司、沃尔沃公司和萨博公司均有纯电动轿车上市。其他公司还有从轿车到重型汽车的插电式混合动力电动汽车的定制服务。

此外,还有一些大型汽车改装公司为汽车公司制造电动汽车。位于俄亥俄州的 AMP 电动汽车公司就为通用公司和雪佛兰汽车进行纯电动汽车的改装工作。从全世界来看,以色列已开始在全国建设电动汽车基础设施。以色列直接与雷诺日产公司合作,后者将生产电动汽车。以色列也正与 SAP 前总裁 Shai Agassi 在加州创立的一家公司合作,后者为其提供电动汽车基础设施服务。

以色列希望在全国建立 50 万个以上的充电站以及 200 个换电站。当领导者们计划启动汽车的试点项目时,他们还计划尽快将其推向大众市场。另外,以色列通过将税额降低 10% 来鼓励消费者购买电动汽车。我们应对以色列和雷诺日产公司创造电动汽车市场的努力给予称赞。

因为现在我们的汽油价格已直逼 5 美元 / 加仑,如图 3-11 所示贴在 eBox 上的车尾贴,所以电动轿车绝不可能消失。实际上,以各种形式出现的电动轿车将来只会增加。

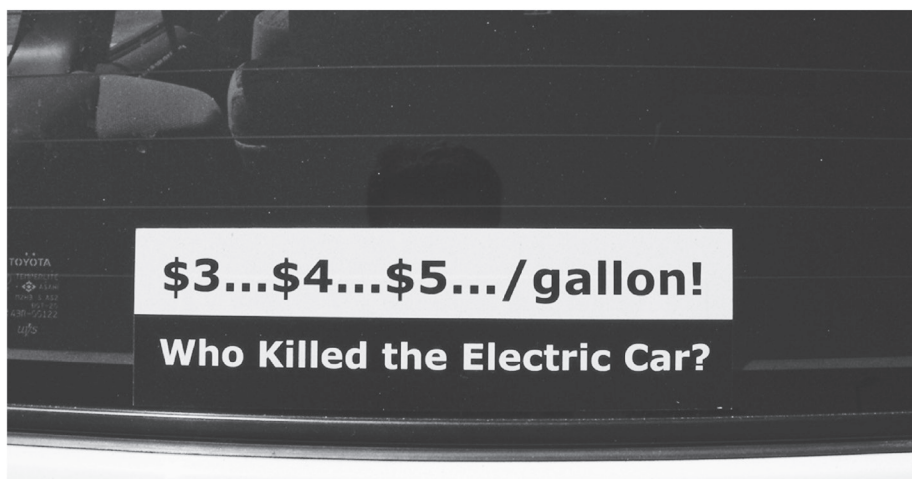


图 3-11 谁消灭了电动轿车? eBox 上的车尾贴。多么恰当!

Liberty 电动汽车公司在 DELIVER 项目中制造欧洲电动汽车

Liberty 电动汽车公司是一家欧洲电动汽车改装公司,曾与大众、菲亚特、米其林、IKA、POLIS、SP 和 HPL Proto 在欧洲 DELIVER 项目中合作设计一款轻型纯电动商务车,目的是为了将城市环境污染降低 40%。该公司被 DELIVER 项目选中为主要合作伙伴,是因为其在电动商务车领域拥有丰富的工程与设计经验。其技术团队在研发 Modec 货车过程中起到重要作用。Modec 货车是一款 5.5 吨商用汽车,曾畅销欧洲

各国。Modex 的客户包括 FedEx、UPS、Tesco's 和 Veolia。这支独一无二的技术团队打造的电动汽车已运行 250 万英里——这是迄今最远的里程，也是当今世界上电动汽车技术团队最好的成绩。该公司拥有 200 多位汽车工程专家，特别是有 70 多位电动汽车方面的技术专家。

“这个令人激动的机会帮助我们实现了优化商用汽车技术的目标，在新一代电动商用车研发中起了重要作用，可有助于减少二氧化碳在欧洲城镇区域的排放量。”该公司汽车工程负责人 Colin Smith 说道。DELIVER 项目由欧盟第七研究与技术开发框架计划（the European Community's 7th Framework Programme for Research and Technological Development）资助，该框架是欧盟在欧洲资助科技研发的主要机构。

随着 Liberty 公司 E-Range 概念车的推出，该公司已经在电动汽车平台科技方面展现了独有的技术专长。该车是世界上第一辆纯电动豪华四驱汽车，单次充电的续航里程可达 200 英里——这是当今电动汽车续航里程的上限。想了解更多有关 DELIVER 项目的信息，可参见官网 www.deliver-project.org。

3.11 交通电动化仍然是一项学术和国际化行动

美国交通电动化部成立于 2010 年，以转化物流管理概念为目标，不断满足未来交通的需要。因为较高的二氧化碳和有毒排放物、大量的能量消耗和对石油市场的依赖，所以提高交通领域的效率成为当务之急。新型电池能满足交通电动化发展的需要。“可持续化交通”可贯穿交通电动化的所有阶段，包括生态平衡研究、商务模式发展、地域价值观、本地能源供给合理布局等。另外，该部门致力于技术应用以及传统汽车向电动汽车转化研究。

- 交通电动化部网址是：www.stoffstrom.org/en/institute/area/e-mobility
- Rudiger 是在德国的电动汽车俱乐部，其网址是：<http://efa-mobility.de>

通过 <http://era-mobile.de/eic.pdf>，可以获取更多关于 Rudiger 发起的活动的信息。

所做的研究能让很多汽车公司进行电动汽车改装。德国交通电动化研究所的学生开发出了廉价的电池组，现在其合作研发公司 TurnE 正在进行销售。下面的部分详细介绍了其研究内容。

➤ TurnE

TurnE 公司在第一代 Smart 电动汽车样车试运行一年 7000 千米后，决定将下一代

Smart 某些零部件进行改造：

- (1) 选用具有持续额定电流的电池，而且高度尺寸也变小了。
- (2) 电动机功率限制在 25 千瓦以下（对于这样一款小型车，无须 40 千瓦的峰值功率，而且降低峰值电流对电池和电机都有益处）。
- (3) 使用具有主动均衡功能的电池管理系统（BMS）。
- (4) 改进电动机冷却系统。该公司还为 Smart Fortwo 设计了一款漂亮的电池箱体。

➤ 意大利 EVE

该公司从 2009 年就开始改装 Smart Fortwo、摩托车和船只等。Smart Fortwo 所有的改装部件都基于意大利贝加莫市的 Roberto Vezzi 制造的第一代样车原型，他也是意大利 eCars-Now 的代表。

➤ 特斯拉 Model X

图 3-12 所示的电动汽车 Model X 的产品一经发布，在没有任何广告的情况下，其预定销售额就已超过 4000 万美元。其迷人的特质吸引了广大媒体的注意，令“Model X”成为 google 搜索引擎第三大热门词汇。其产品发布当晚，特斯拉官网的访问流量就激增 28 倍，其中有 2/3 的访问者都是新用户。



图 3-12 特斯拉 Model X 发布：4 千万美元订单

由于 Model S 和 Model X 是互补车型，Model S 的新订单也随之提高了 30%。Model X 安装了独特的鹰翼式车门，可从两边升起，如图 3-12 所示。其开发平台与 Model S 一样，只是后者轴距较长，Model X 的外形尺寸与奥迪 Q7 差不多。Model X 使用双电动机全轮驱动，可选择 60 千瓦时和 85 千瓦时电池。该车可在 4.4 秒内从 0 加速至 60 英里 / 小时，这样它比诸多跑车都要快，包括保时捷 911 Carrera。由于其重心较低，所以驾驶感非常好，这就使它实现了功能、造型和性能的有机结合。

Model X 与其他高端 SUV 价位差不多，在加州佛利蒙市特斯拉工厂投产。产品在 2013 年底投产，2014 年初进行交付用户。

3.12 小结

我们必须认识到电驱动科技已经并将继续成为日常汽车技术的一部分。每个人都将拥有自己的电动汽车。不管是混合动力汽车、插电式混合动力汽车还是纯电动汽车，人们都将转向电动化。现在，全世界越来越多的人正在将自己的汽车改装成电动汽车——从德国到瑞士到澳大利亚再到美国。TH!NK 的电池正由美国一家公司进行制造。

每个纯电动汽车改装公司的订单都非常多，例如 DeLorean 汽车公司，如图 3-13 所示。但是，插电式混合动力汽车和混合动力汽车也同样重要。它们是汽车纯电动化的过渡阶段。即使人们对于终止对进口石油的依赖和保护环境不感兴趣，但是电动汽车技术却能带来更好的加速性能和转矩以及更低的驾驶成本。

关于这一点，我在参观福特公司举办的电动汽车展时，看见一辆特斯拉 Roadster 在位于奥兰多迪斯尼公园的希尔顿酒店外充电，这一幕真的很令人欣慰。



图 3-13 DeLorean 电动汽车



图 3-14 特斯拉 Roadster 在奥兰多的希尔顿酒店外充电

CHAPTER 4

第 4 章 给你最好的电动汽车

4.1 电动汽车购买决策

如今购买电动汽车会面临三种选择：从①主要汽车制造商或②电动汽车改装商店购买一辆直接可以上路的电动汽车或③从个人手里购买二手电动汽车改装车。影响你决策的两个最主要的原因是金钱和时间，另一个考虑因素就是从哪里（从谁手中）能够购买到电动汽车。本章将为你呈现这些选择，并阐释为什么改装车是你最好的选择。

➤ 改装车能节省金钱和时间

对于大多数人来说，省钱是一个很重要的目标，省时也符合大部分人的逻辑。将这两个因素结合起来，改装车就成了最佳选择。图 4-1 所示为其简要原由。

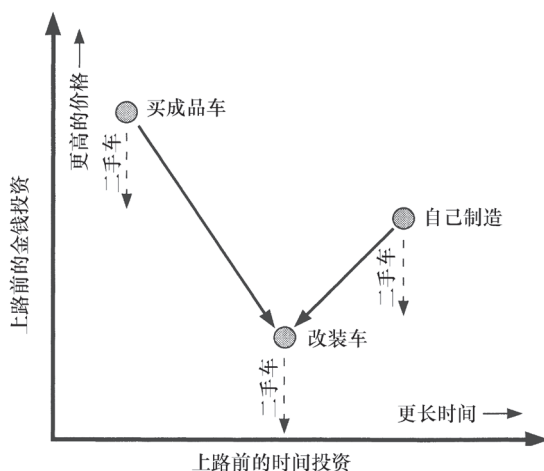


图 4-1 从投入的时间和金钱来看，改装是比自己制造和购买成品车更好的选择

改装车：

- 比购买现成的电动汽车或自己制造一辆出来要省钱得多。
- 比自己制造电动汽车要省时，而比购买成品汽车只多出一点时间。

如图 4-1 所示，买一辆二手电动汽车明显开支较低。

特斯拉 Model X 标价 10 万美元，但是同款改装车仅需花费 2 万美元。我有 99% 的信心这种情况会发生。日产 Leaf 也很棒，但是人们想要 300 英里的续驶里程和与众不同的驱动系统。我爱 Leaf，当特斯拉汽车只卖 2 万美元一辆时，电池价格也会大幅下降，而且改装车还会比成品车更便宜一些。但是，汽车公司正在制造自己的汽车，并让其电动化。像福特汽车公司推出的福特 Focus 电动汽车，就只是采用了不同的驱动系统，而底盘还是一样的。这是在汽车公司帮助下制造自己电动汽车的一条了不起的新思路。他们正在为你制造“个性”汽车。

当前，一辆新的日产 Leaf 电动汽车税后价格为 2 万 ~ 3 万美元。可能本地电动汽车销售商会为你推荐一款电动汽车，但是汽车维修店可能以 5000 ~ 7500 美元的价格给你改装一辆出来。那么，一两个月后，你可能只花费 15 000 美元就可以坐上自己的改装版电动汽车了。

但是，本书最好的地方就在于这一观点——汽车公司正为你制造电动汽车，只需去买你想要的电动汽车就行。如果汽车价位在承受范围内，就去买一辆特斯拉、日产 Leaf 或 Corbin Sparrow。如果你想买一辆便宜点的电动汽车，那么就请选择改装车。本书对两种情况都进行了介绍。比如后面要介绍的马自达 Miata 改装车仅需 15 000 美元。

让我们详细看看购买—制造—改装这些选择，然后根据谁、哪里、什么时候进行权衡。

► 购买或租赁电动汽车能节省很多时间

现在很多汽车制造商都在市面上推出了电动汽车。不到 10 年间，汽车制造商先是租赁或出售电动汽车，然后又销毁它们，现在又把它们带回市场。实际上，为了保证汽车公司能共同参与电动汽车领域，2011 年 7 家汽车制造商决定为统一的电动汽车充电接口进行合作，概要是：

- 宝马、戴姆勒、Myers、福特 Focus、通用、保时捷和大众都同意支持欧美地区的电动汽车采用一致的快速充电接口。
- 该系统是将所有充电接口整合统一，然后使所有汽车用相同方法与充电站交

流。

- 七大汽车生产商也同意使用 HomePlug 作为通信协议。这一手段为电动汽车使用未来智能电网设备提供了条件。
- 汽车生产商在同意使用单一直流快充系统的基础上，改进基础设施规划、降低汽车复杂性，提升电动汽车用户的体验。

图 4-2 所示为汽车制造商采用的标准充电机，是我在 2010 年纽约北美汽车展上拍照的。



图 4-2 福特 Focus 电动汽车在纽约

电动汽车的名字：为什么叫 Ampera 或 Leaf？

Finlo Rohrer, 《BBC 新闻杂志》

英国政府已经宣布电动汽车可以获得补贴，类似的项目也正在美国开展。但是在这些异国情调的名字背后，未来的汽车都拥有什么呢？

你会驾驶日产 Leaf 吗？Vauxhall Ampera 对你来之不易的钱包具有吸引力吗？

在大西洋两岸以及亚洲有一种共识，那就是电动汽车正处于一个转折点——它将掀起一股强劲势头，劝说全世界开汽车的人弃汽油而去。

电动汽车背后的争议很简单。一些国家想控制碳排放，如果他们增加可再生能源

发电量，那么电动汽车将逐渐成为一个生态主张。

政治家们也对生产电动汽车很感兴趣，因为他们真心希望自己所辖区域既能生产汽车，又能制造电池。

电动汽车爱好者经常将消灭以前电动汽车的黑暗势力简化，但是现在他们的心情仿佛有所不同了。

你可以从这些汽车名称上看出很多东西来。

有很多电动汽车的名称听上去都很电动化，比如雪佛兰 Volt 和它的姊妹车 Vauxhall Ampera。

日产 Leaf 则带给人一种好感——环境友好型。还有雪铁龙 C-Zero 也走的是同一条路线，将零碳排放目标融入车名中。

为什么这些名字很重要呢？因为汽车制造商不仅要卖车，而且还要将理念巧妙地推销给当今心态矛盾的大众。

用《2011 电动汽车指南》（一本关于三菱 i-MiEV 的书）的作者 Michael Boxwell 的话来说，现在我们很多人都有怀疑。

“人们经常会问‘它能跑多远？’和‘电用完后怎么办？’”

但是一旦驾驶过电动汽车后，人们的观点就变了。

“当他们步入电动汽车并驾驶一段之后，就会被它折服。” Boxwell 说，“电动汽车扭矩很大，比同款汽油车要快。驾驶起来很轻便，不用担心档位问题，也不会有汽油车的噪声和振动烦恼。”

汽车名称的一个任务就是鼓励心存怀疑的人们走进展示厅，并亲身体验一下。

汽车生产商通常在起名字的时候都会做一系列焦点小组测试和市场调查，来确保名称稳妥。但是有一点是确定的，就是没有生产商会选择不确定的车名来开始营销之旅。

名称可以抽象，可以是无伤大雅的实词，也可以有一些隐含意味。日产 Qashqai 就暗指曾经定居在伊朗的土耳其游牧民族，日产 Murano 则以威尼斯附近的岛屿命名，该岛以前居住有很多玻璃工人。

雷诺 Magane 的日本译名是“眼镜”，似乎很意外，而丰田 RAV4 给人的感觉像是“四轮驱动的休闲运动汽车（recreational active vehicle four-wheel drive）的缩写。”

雷诺 Clio 以希腊缪斯命名

有些公司会邀请一些命名专家代为起名，比如 Interbrand 咨询公司语言识别部负责

人 Chris Davenport。他们使用遍布全世界的办公室网络检验该词在全球主要市场上有没有不好的意义，然后再去挖掘其深层次的含义。

但是有的电动汽车名称看上去则与常规不同。

“特斯拉”尽管是一辆昂贵的跑车，但事实证明其名称也很重要。

“有的名称真的很抽象。”Davenport 说，“可能其背后有故事，没有故事的名称很难畅销。日产公司（图 4-3）还有其他的品牌，比如 Cube——他们曾用过一些英文单词，事实证明相当成功。”



图 4-3 2011 纽约车展上的日产 Leaf 电动汽车内饰

Leaf 和 C-Zero：彰显绿色

“Leaf 会让你想到环境。”Fowler 说。

Volt 和 Ampera 则让你想到汽车的电力特性。

“这是个惯例——汽车名称要具有一些想象力。”Fowler 说。

实际上，看看汽车命名的情况，就会发现非要使名称听上去有“电”的感觉是挺奇怪的。

你想象过购买一辆本田 Petrolia 或梅赛德斯 Dieselim 吗？

“你见过一辆轿车或载货车用汽油命名的吗？”本书的作者 Seth Leitman 说。

他不相信大多数汽车制造商真正掌握了如何销售好一辆电动汽车。要想新车型订单很快就超额预定，消费者想到 1000 种，制造商就得想到 100 万种。

“他们现在不知道如何去销售一辆汽车。” Leitman 说，“他们应该为人们制造自己想要的汽车，名称应该足够吸引人。”

Smart Fortwo 电动汽车和印度 Tata Vista 电动汽车就是两个没有把“电”体现在名称中的案例。Davenport 认为这代表着生产商未来可能选择的路径。

“可能有一天所有的汽车都变成电动汽车了，你就没必要再谈论其电力特征，有些名字就该退休了。”

对于 Boxwell 来说，生产商需要考虑一下当前电动汽车的采购模式，比如 G-Wiz，并弄清楚他们的用户是谁。

“他们认为购买电动汽车的人们都是环保人士，但现实是这些人只是对技术感兴趣。”

Smart Forvision：电动汽车前景展望

Smart 与化工行业最大的汽车供应商德国 BASF 公司一起打造了 Smart Forvision 概念车，如图 4-4 所示。



图 4-4 与 BASF 联手打造的 Smart 电动汽车变得更加智能了

“Smart 推出 Forvision 车型后更能充分发挥其作为戴姆勒公司城市交通智囊团的作用了。我们展示了众多世界首创，这使得电动交通成为可能。在明确的零排放目标下，我们关心所有对汽车有影响的因素。这就催生了在隔热、反射、轻量化设计和能量管理方面的全新理念和材料。透明的有机太阳能电池、透明的节能低排二极管、红外反射薄膜和涂层、高性能泡沫塑料得以用来隔热。” Smart 公司负责人 Annette Winkler 博士说。

“Smart 也首次利用全塑轮胎建立了轻量化设计的新标准。结合 Smart 革命性的基因，我们设计的汽车如此独特以至于我们等不及要把它从实验室开到马路上了。”

戴姆勒公司与 BASF 公司已经开发出了一款新的概念车，将两家公司对于整体电动交通的构想合二为一。两家公司第一次将他们的技术优势联合起来，为未来的挑战提供决定性的解决方案。新的汽车带来的设计、生活方式和技术形成了一个新的功能整体。

“未来汽车需要节能材料和科技，同时还要增加其续驶里程和舒适等级。我们的创新则为此做出了决定性的贡献。” BASF 公司聚合物研究部门负责人 Christian Fischer 博士说，“我们为与 Smart 公司共同发展了可持续城市交通的整体概念而感到骄傲。我们一起打造的这款先驱型汽车是无与伦比的。”

Smart Forvision 把 Smart 公司的汽车技术专长与 BASF 公司在材料和系统方面的优势结合起来，充分展现了未来可持续的、整体的电动交通技术。研究人员和设计者有意实现前瞻性的材料和技术在概念车上的融合——有的仍在实验阶段，有的已经有机会在量产产品中得到应用。

能量效率：来自天空的光与能

Smart Forvision 顶棚上的六边形透明区域是其抢眼的特征——它作为第一个透光车顶也可以产生能量。透明的太阳能电池覆盖在整个车顶表面正是其精妙所在。其上面涂了有机涂料，镶嵌在夹芯车顶中。太阳能电池的透明染料是光敏的。即使是在散射光和弱光的情况下，它们也能产生足够的能量驱动多媒体部件和辅助车内气候管理的三个风扇。如果汽车沐浴在阳光中，则其通风设备将在太阳能电池的作用下永久工作，降低车内温度。这种新的光伏科技进一步发掘了效率潜能，产生的能量可供车内更多的设备使用。

太阳能电池还有一个新特征：开启车门或按下按钮时，透明的有机发光二极管（OLED）可为车内照明。关掉开关，则可清楚享受车外美景。白天它就像一个玻璃屋顶，晚上则可通透地照明。因为可以自由选择颜色，所以这种 OLED 不仅提供了更多

的设计自由度，而且比传统汽车车灯消耗的能量要节省一半之多。

➤ 电动汽车的知名品牌

Boxwell 认为标致 iOn 纯电动汽车的名称因为有种小玩意的感觉，所以这个名称很可取。

一旦纯电动汽车的名称不带“电”，那么它就成功了。

➤ 其他电动汽车

Leitman 说：“有些人喜欢皮卡车，有些人则喜欢 SUV。一旦他们开始更加融入品牌，一旦福特公司和丰田公司给每一款车型都制造出混合动力版车型，那么越来越多的人就会弃汽油而去，选择电动汽车。”

此外，大多数汽车制造商都在制造混合动力电动汽车、插电式混合动力电动汽车和纯电动汽车，其中也包括福特 Focus 电动汽车，如图 4-2 所示。

有些新的汽车制造商在制造新款电动汽车，其中包括社区电动汽车（NEV）。社区电动汽车（也称为低速汽车）是《机动车辆安全标准》第 500 条定义的一种车型，它只能在时速要求小于 35 英里 / 小时的马路上行驶。

另一种电动汽车是城市电动汽车（例如 TH!NK），其最高速度大约为 55 英里 / 小时，它能在时速要求为 40-65 英里 / 小时的马路上行驶，而社区电动汽车不可以。这款车在汽油价格高昂的一些国家和地区很流行。我们也在 NYPA/TH!NK 清洁通勤项目中使用这款车，因为福特 TH!NK 城市汽车对于环城通勤来说近乎完美，这些地区所有主要公路时速都限制在 55 英里 / 小时以下。

特斯拉汽车

特斯拉汽车公司和 Athlon 汽车租赁公司正在将特斯拉的高端电动轿车 Model S 引入欧洲市场，包括

- 德国
- 法国
- 意大利
- 西班牙
- 比利时
- 荷兰

- 瑞典
- 葡萄牙
- 波兰

Athlon 租赁公司也预订了 150 辆 Model S 轿车，以保证客户的早期需求。

这两家公司于 2011 年 7 月首次在欧洲启动了特斯拉 Roadster 跑车租赁项目，并承诺以电动汽车的易得性和可承受性为目标。

“我们很高兴与对节能汽车未来充满激情的 Athlon 公司共同启动 Model S 轿车的租赁项目。”特斯拉公司副总裁 George Blankenship 说，“Athlon 是个很宝贵的合作伙伴，对于为欧洲客户展示电动汽车优越性有很大帮助。”

图 4-5 所示为特斯拉在售的新款 Model S。



图 4-5 特斯拉 Model S

丰田 RAV4 电动汽车

最近有报道误称 2012 RAV4 电动汽车仅面向车队和汽车共享项目，丰田公司想直接在该车上创造销售记录。实际上，公司报道称：“2012 RAV4 电动汽车（图 4-6）一定会面向大众。我们预测公众将会对它抱有浓厚兴趣，并且还想告知消费者未来的选择中还包括一款丰田纯电动汽车。”

丰田公司是 2012 年唯一向市面推出两款纯电动汽车的生产商——RAV4 和 Scion iQ。RAV4 是面向大众的，而 Scion iQ 仅面向车队和汽车共享项目。

日产 Leaf

在纽约国际车展上零排放纯电动汽车日产 Leaf（图 4-7）荣膺“2011 年世界年度车型”称号，挤掉了热门的宝马 5 系和奥迪 A8。Leaf 是世界上第一款大众消费得起的纯电动汽车，也曾被评为“欧洲年度车型”。



图 4-6 丰田 RAV4 电动汽车



图 4-7 “世界 2011 年度车辆”日产 Leaf 在 2012 年纽约车展上

“很高兴 Leaf 作为世界第一款面向大众的纯电动汽车荣获‘2011 年世界年度车型’的称号”，日产公司主席兼 CEO Carlos Ghosn 说，“这个奖项承认了 Leaf 作为零排放汽车先驱者的地位，也肯定了其驾驶性能、静音性和比燃油汽车更好的操控性，同时认可了日产公司想为全世界客户提供可持续交通的清晰愿景和价值观。”

世界车型奖项评审委员观察到：

Leaf 是日产公司向全新的电动汽车世界迈出的勇敢一步。这款五座五门的掀背式汽车是世界上第一辆面向大众消费的电动汽车，其续驶里程可达 100 英里以上，可使用 220 ~ 240 伏电源在 8 小时内充满电，并且不排放任何尾气。其低重心带来灵敏的转向性能，不会出现车身侧倾或转向不足的状况。电动汽车感觉就像一辆普通的小汽车，只是更加安静一些。

纯电动汽车日产 Leaf 在西班牙已开放预订，使西班牙消费者成为欧洲下一个能享受这款获奖车型的客户。政府补贴之后，消费者只需 29 950 欧元即可购得，与类似配置的柴油车或混合动力汽车价格差不多，而且这个价格还包含电池，其保质期是 5 年 / 10 万千米。

为了使个人消费者更容易买到电动汽车，这款紧凑型家庭掀背车可通过私人金融计划购入。比如，先首付 4500 欧元，每月再支付不超过 500 欧元就可使用三年。此后，消费者可有几种选择，如再支付大约 12 600 欧元即可拥有该车，或者把它以旧换新，再或者将车交还给日产公司。

“纯电动汽车 Leaf（图 4-3）是由大型汽车生产商生产的世界第一辆面向大众消费的电动汽车，也是第一辆在西班牙销售的中级电动轿车。日产 Leaf 在我国开创了崭新的汽车时代，并展示了日产公司对环境的承诺及其新科技。”日产伊比利亚分公司负责人 Manuel de la Guardia 在巴塞罗那国际车展第一天的新闻发布会上说。

日产 Leaf 在日本

在 2012 年日本棒球春季训练营期间，日产公司甚至在 Leaf 上提供车载信息和热点服务。“Camploo okinawa! Campaign 2012”由日本交通社冲绳分社组织，专为 Leaf 设计的信息和通信系统 (ICT) 可 7 天 24 小时不间断连接。日产公司的信息控制中心和车载信息通信单元 (TCU) 将通过一台专用平板电脑为驾驶人提供商店和环城信息。

另外，租赁客户可以通过该特制的平板电脑使用 Leaf 的远程控制功能，比如远程天气控制和电池状态监控等。

➤ 荷兰正在制造自己的电动汽车

雷诺—日产联盟与 E-laad.nl 基金会（荷兰电网运营商协会）签署了合作谅解备忘录，在荷兰共同开展零排放车辆的推广工作。

协议规定，该联盟将紧随雷诺零排放汽车之后，从 2012 年 6 月开始为私人消费者提供日产 Leaf 纯电动汽车。同时，E-laad.nl 基金会将在全国建设配套的公共充电设施。

双方的合作有望帮助荷兰政府实现 2020 年电动汽车达到 10% 汽车市场份额的目标。

E-laad.nl 基金会已经开始着手实施在全国建设 1 万座充电站的计划了。前 2000 个充电站将建在居民人数超万人的城镇。剩下的 8000 座充电站将建在距离电动汽车用户住所和工作地点较近的地方。雷诺电动汽车和日产电动汽车的购买者仅需向该联盟销售商提供订单就可向 E-laad.nl 基金会申请就近建设充电站。成为公共充电设施会员后, 只需每年支付 100 欧元就可享受全年免费充电服务。

日产 Leaf 汽车夏季在荷兰推广后, 秋季将会迎来雷诺公司的 Kangoo 零排放货车和 Fluence ZE 零排放豪华轿车, 后两款车型可在 www.renault-ze.nl 网站上预订。两座的雷诺 Twizy 和紧凑型掀背式轿车 ZOE 也已上市。

➤ 三菱 i-MiEV

几年前, 我曾在纽约国际车展上见过三菱公司的 2012 款 i-MiEV 纯电动汽车 (图 4-8), 美国绿化生活网曾将其列为“2012 年度最节能汽车”榜首。该网报道称: “2012 款三菱 i-MiEV 引领了节能降耗的潮流, 是本年度最节能的汽车。”此外, 三菱 i-MiEV 在美国环保署“燃油经济性领导者: 2012 年度车型”名单中名列第一。入门级 ES 车型定价为 21 625 美元, 高端级 SE 车型定价为 23 625 美元, 秒杀美国所有电动汽车。



图 4-8 纽约车展上的三菱 i-MiEV

► 英国和印度消费者钟爱的 REVA

印度制造的 REVA——在英国称作 G-Wiz——势头仍然强劲。该车续驶里程和速度提升之后，其新款 REVA L-ion 的性能也得到了进一步提高。该公司称新科技将大大增加 REVA/G-Wiz 的吸引力，使其成为城市和郊区交通的可行之选。

新款 REVA 电动汽车续驶里程将达到 120 千米，最高速度可达 80 千米/小时。该公司也建设了快速充电站，可在一小时内充满 90% 电量。这些数字虽不能使其成为燃油汽车随手可得的替代品，但是 REVA 指出其续驶里程能满足大多数出行需求。

Julia King 教授针对低碳轿车开展的研究总结到，93% 的轿车日常行驶里程都少于 40 千米，97% 的日常行驶里程低于 80 千米。REVA 基于全世界 22 个城市的用户行驶 5500 万千米的数据也显示出了城市日常通勤的特点。REVA 提高续驶里程和速度的决定可使 REVA L-ion 能够满足郊区通勤需求，这也就意味着单次充电后能满足超过 95% 的出行需求。

4.2 电动汽车改装商店

► 从独立制造商购买现成的电动汽车

美国有很多汽车改装店，能根据个人喜好将爱车进行改装。从很多方面来讲，这是一个优点，因为你可以请专业工人根据你个人意愿改装汽车。美国电动汽车有限公司（EVA）就有很多遍布全国的改装店。

如今也可以从独立制造商和销售商购得现成的电动汽车。使用内燃机底盘的电动汽车价位为 4 万～10 万美元，比如特斯拉的某些电动汽车。但是，随着生产电动汽车的生产商日益增多，电动汽车的价格也在逐渐下降——其一次性成本可以分摊到许多汽车上。随着产量增加的规模经济效应，电动汽车的费用将比燃油汽车低得多。

► 美国电动汽车有限公司（EVA）与 Flux Power 公司签约

2001 年 7 月，美国电动汽车有限公司（EVA）与加州 Flux Power 公司签约。后者及其锂电池技术在很多方面都有着独特优势：

- Flux Power 公司能为电动汽车生产商（如 Wheego, Epic）提供优质锂电池，并将为业余爱好者提供同样的电池。美国电动汽车有限公司将着手此事

- Flux Power 公司能提供单体或 12 伏锂电池、电池管理系统（BMS）和充电机，这就意味着它可以为整个电池系统负责
- Flux Power 公司能提供汽车级电池管理系统（BMS）和附件
- Flux Power 公司也提供 CAN 总线通信技术

如果你正在考虑使用锂电池，美国电动汽车有限公司（EVA）可以为你提供报价。

实惠的 Triton Trike

美国电动汽车有限公司（EVA）以作为 Triton Trikes 的电动汽车零件供应商而自豪。Triton 将推出 72 伏两座电动汽车作为通勤车，价位定在 12 000 美元。

4.3 改装电动汽车

很多人都有过改装私家车的经历，这个过程需要金钱和时间。一次典型的改装过程需耗时 100 小时。

自己改装汽车有如下好处：

（1）你自己改装汽车，包括零部件的选择。

（2）你能很快诊断、检测和维修这辆车的任何问题。

（3）如果你想从头打造一辆电动汽车，当然没有什么事情能够阻挡你。但是，考虑到时间和金钱，你还是最好买一辆新电动汽车或带交流驱动系统的改装汽车。

如果你有一辆捐赠轿车，那么下面就是你将为零部件单独做出的预算：

War P 9 英寸电动机	1395 美元
Z1K-LV 控制器	1775 美元
SW-200B 接触器	128 美元
PB-6 加速踏板	76.5 美元
PC-30DC/DC 变换器	175 美元
A13X400-4 安全熔断器	21.5 美元
电子仪表	286.2 美元
PCF-20 电池充电机	1499 美元
总计	5356.2 美元

➤ 改装现成汽车

改装是最好的替换方案，因为它比购买现成汽车或从头制造一辆都要省钱，仅比购买现成汽车多出一点时间，而且技术并不复杂。你可以根据个人喜好购买底盘和电动机，并节省大笔开支。第 10 章将详细讲述每个步骤。

想要做好改装工作，第一步就是购买清洁的二手燃油汽车底盘。汽车修理厂的汽车或发动机坏了的汽车是最好的选择，因为如果传动装置、制动装置或其他零部件系统坏了，你很难发现。一旦选好汽车，然后就可以安装物美价廉的电子部件或自己信任的供应商提供的整套配件。将艰巨的工作（如机械加工、支架制作等）分包出去后，自己做尽可能多的简单工作。

不管你是自己改装，把少许工作分包出去，还是请人完成整个改装工作，都会比购买一辆新的电动汽车要便宜得多。就像 Bob Baston 最近报道的，整个电动汽车改装过程仍然比购买市面上任何一款电动汽车都要便宜。汽车公司售价降低的同时，改装费也会下降。

图 4-9 为来自 Operation Z 的 Joe Porcelli 和 Dace Kimmins，展示了他们的日产 280Z 尾部电池箱。当我们在第 10 章讲述改装时，须注意到已留够行李箱空间，并与电池箱规格能够完美匹配。



图 4-9 来自 Operation Z 的 Joe Porcelli 和 Dace Kimmins 的日产 280Z 尾部电池箱

即使这是整个改装过程的第三步，我认为还是有必要，因为这一步很重要。本书不仅仅是讲述如何改装一辆汽车，也是为想购买电动汽车的人而著，为他们购买汽车提供帮助。

以低价买一个车身来改装纯电动汽车。如果你不是汽车技工或专业人士，对这些并不在行，那么可以登录本书网站，上面有一些改装公司的名单

(buildyourownelectricvehicle.wordpress.com)。而且，对于今后的汽车技工和汽车生产商来说，这个名单也有助于了解电驱动系统和其他零部件的供应商。

下面是我的朋友 Lynne Mason 的选择：

电动汽车改装是世界上最不为人知的秘密。你可以买现成的改装车，也可以自己改装。

我不知道你会怎样选择，但是我不会选择自己改装，我的机械制造天分并不很好。

但是，我发现有些人很喜欢做这些事情……并且愿意出售给你。我想就把这又累又脏的苦差事留给他们，付清报酬就行了。

你即使准备去买一辆现成的电动汽车，其实也很想知道生产商都为你做了些什么，这样你才能判断哪一款最适合你。在改装过程中，你都需要做一些优化工作，不管是前面的底盘选择还是后面的改装事宜。下面给你提一些辅助意见：

- 了解一下为什么改装是最好的选择——正方意见
- 为什么改装可能不太适合你——反方意见
- 怎样达成最佳方案
- 避免选择杂牌的、太旧的、太脏的、生锈的底盘
- 使你的需求名单顺手可得
- 买或借一本底盘手册
- 卖掉不用的发动机部件

改装现有 SUV 和厢式汽车

福特 Flex 是很好的改装车之选，它对于我来说就像一个大型货车。最近我开车前往波特兰外的一座山林，该车的燃油经济性是 7.4 千米 / 升，已经很高了，但是如果改装成纯电动汽车的话，其驾驶感会更好，因为电池可以放在汽车的尾部和中下部。

因为这些原因和其他一些原因，本书不推荐对 8000 磅（约 3 吨）的 SUV 进行改装。从另一方面来讲，小型货车——尤其是新型轻量化的车型——具有很好的改装潜质，你可根据个人所需进一步对其进行研究。但是普通的厢式汽车，即使是小型货车也都比较贵、较重，并且比其他底盘类型的车改装时间要长，所以在投资之前需要做好功课。

高端改装——我们改装，然后汽车公司生产

有很多汽车都能立即进行改装，用本书 3 倍的篇幅都列举不完。我们来看一眼电动劳斯莱斯（过过眼瘾），但是原则很简单：你能将现有的一辆汽车改装成新款车型。劳斯莱斯 Centurion 使用 2000 安控制器，可以轻松地使这辆车行驶在马路上。这款改装车甚至保留了所有舒适的性能，例如电动制动、电动车窗、电视屏幕、自动变速器

和空调。该车质量较重，通过控制车辆底部重量提供了无法比拟的劳斯莱斯驾驶感（图 4-10）。



图 4-10 Paul Liddle 为顾客定制的带标准变速器的电动版劳斯莱斯

典型的 Centurion 车型包含 26 节 100 安时电池，使用定制的 Royal Centurion（1987 ~ 2001 年）车身，24 英寸车轮，电池从前到后合理分布。这就带来了低重心和较好的重量分配。

对于这款全新的劳斯莱斯电动版概念汽车的早期反馈结果显示，驾驶人喜欢其动力和静音性能，但是认为其续驶里程还有待改进。新款样车 102EX Phantom Experimental Electric 采用了高能量电池，可保证 200 千米以上的续驶里程。但是该公司强调这对于超豪华轿车来说还不够用。

《设计新闻》报道称：

UQM 最近从美国能源部获得了 300 万美元拨款，利用其丰富的电驱动技术经验研发非稀土永磁电动机技术。该技术将扩大 UQM 高性能低成本的产品系列。

UQM 电驱动系统不仅在 CODA 纯电动轿车上得到应用，而且还被选为 Saab 9-3 e Power、奥迪 A-1 e-Tron 和劳斯莱斯 102EX Phantom Experimental Electric 等试制车型的驱动系统。同时，UQM 驱动系统还在 Proterra 电动巴士和电动汽车国际公司的纯电动中型载货车和小型货车上得到应用。该公司的新设备可实现年产 4 万套产品的产能。

BBC 的汽车记者 Jorn Madslie 是第一个非劳斯莱斯员工驾驶该公司最新研制的电动汽车的人：

当重达 2.7 吨的劳斯莱斯 Phantom 轻松地行驶在该公司古德伍德工厂附近时，我能感觉到这种安静是让人振奋的。唯一能听见的只有轻微的轮胎噪声，而且坐在车内

几乎都听不见。你想象一下深陷于柔软的、手工制作的真皮座椅里，加速行驶在苏克萨斯狭窄的乡村小道上，感觉和同款汽油车型一样平稳，尤其是在从东拉文顿开往邓克顿的迂回小路上将是多么的惬意。

Paul Liddle 改装的保时捷 959 车型（图 4-11）是代表目前技术水平的改装车。它具备令人激动的性能和续驶里程。根据续驶里程、重量和速度的不同装备有 16 ~ 28 节电池。该款电动车型性能非常优异，可在 5 秒内从 0 加速到 100 千米/小时。采用 2000 安控制器和 269 伏/11 英寸电动机，四档时（速比 0.98）转矩可达 1600 牛米。



图 4-11 Paul Liddle 改装的保时捷 959 电动版车型

对 Paul Liddle 的一段采访

对于一个女孩儿来说，一提到电动跑车，就会想到特斯拉 Roadster。但是实际上世界顶级的跑车是保时捷 911。所以如果你不能让它更优异，为什么不将其电动化？

来自“世界超级跑车协会”的 Paul Liddle 就做了这件事情。他将保时捷 911 跑车和兰博基尼 Diablo 改装成高端、以性能为导向的电动跑车。他发现你可以用低于特斯拉 10 万美元的价格打造一辆梦想中的电动汽车。

记者：你改装了很多汽车，是吗？我在 Cool Green Car 网站上看到了很多高端汽车，还有很多跑车、巴士改装车和 EMIS 混合动力汽车等。你的第一辆改装车是哪辆？什么时候做的？

Paul：是 8 年前用我的保时捷 959 车身改装的 911。我从 1986 年就开始与保时捷打交道，每天都要驾驶它。

[959 是保时捷公司在 911 平台上生产的超级跑车。它是限量版车型，Jay Leno 可

能拥有一辆，但是其存量仍然很少。对于我们这些没有运气拥有一辆的人来说，你可以买车身套件把 911 改装成 959。]

记者：你改装过的最独特的跑车是哪一辆？

Paul：是兰博基尼 Diablo。

记者：在你的“电动汽车相册”网页上，有很多车都归属于“世界超级跑车协会”，它们是你的吗？

Paul：是我的。

记者：我在“电动汽车相册”里发现了你的电动跑车，我有一些事情想问问你。

Paul：好的。

记者：首先，基于你的零件选择，这些改装的电动跑车，比如保时捷，可以冠以“性能跑车”的称号。你制造电动跑车的初衷是为了比赛吗？

Paul：我确实参加过不少比赛，但是我改装的跑车不仅是为了比赛，在日常生活中也用。

[电池：你想用铅酸电池还是锂电池？]

记者：我难以想象这些 12 伏电池是竞速赛车的选择。你是怎么实现 100 英里续航里程的？真是令人钦佩。

Paul：保时捷用铅酸电池可以跑大概 50 英里。

记者：那为什么你的网站上写的是“100 英里续航里程”？

Paul：100 英里用的是 32 千瓦时磷酸铁锂电池。

记者：我以为你用的是锂聚合物电池。

Paul：我们现在用磷酸铁锂电池了。我们改装第一辆保时捷跑车时用的是锂聚合物电池，但是自那以后就改了。

记者：我看见你还提供了双电动机改装车。很有意思！很多人都问我这个问题，它们是怎样控制的？

Paul：要么用 Zilla，要么用两个控制器分别控制两台电动机。

记者：你改装的 911 名为 Blue One？它用了一台 Kostov 11 英寸电动机。与你最近安装的 Warfird/NetGain 电动机相比，你青睐于它的什么？它的性能依然很好吗？

Paul：那辆车已经卖了，但是总的来说它的电动机没有出现过什么问题。它们不需要服务太长时间。

记者：在大多数的改装车中，你都保留了保时捷的传动系统。我以为保时捷的传动

系统比很多其他品牌的传动系统对串励直流电动机的兼容性要更好一些，是吗？

Paul：保时捷的变速驱动桥很强！

记者：性能更好？

Paul：几乎没有出现过问题。

记者：你改装过直接驱动的吗？或者说保留现有传动系统对于电动跑车来说更好一些？另一个问题是有关轮毂电机的。

Paul：我们大部分是采用保时捷的变速驱动桥，但是也做过一些直接驱动的改装。轮毂电机很棒，就是有点贵，大概每台约 2 万美元。

记者：你尝试过交流电机的改装车吗？

Paul：我们将尝试三家生产商的电机。

记者：你将在上面尝试直接驱动吗？在你的“电动汽车相册”里没有看到有关传动系统的信息。

Paul：不。因为我在改装 Diablo 之后丢失了硬盘。我有这辆车的其他照片，但是没有安装电动机的。我们定制了车身内饰，把汽油箱卸掉之后，在中间增加了第三个车座，并利用这个区域来加强底盘。

美国电动汽车有限公司（EVA）是第一个改装小型皮卡车（如雪佛兰 S-10，图 4-12）的公司之一。其设计将电池置于车下，以获得较低的重心，并腾出车内空间。由于皮卡的有效载荷比大多数轿车高，其续航里程也更远一些。皮卡是一种很好的改装车型选择，在第 10 章中将详细讲述这一点。表 4-1 列出了关于购买、改装和制造的综合考量。哪种汽车或零件容易得到？从谁那里得到？从哪里能得到？你打算何时装配？有很多经销商都卖电动汽车，但是它们的价格可能会比改装车要贵一些。

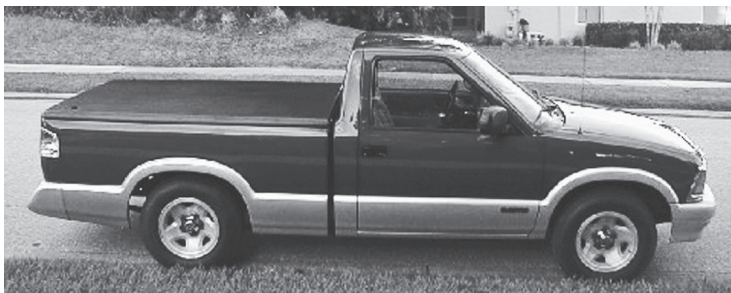


图 4-12 Ken Watkin 的 S-10 改装车

如今有很多地方都可以买到电动汽车。如果你住的地方不易买到的话，与其花几周时间等待运输订购的电动汽车，还不如自己改装一辆。基于现成的内燃机汽车底盘

改装，你就能得到一个更具吸引力的汽车。

表 4-1 电动汽车购买决策对比

	何人	何地	何时
购买新车	独立制造商 / 销售商	本地	购买——立刻 运输——几周
购买二手车	EAA Classfields 制造商 / 销售商	任何地点	购买——立刻 运输——几周
改装新车	新车销售商 电动汽车零件销售商	本地汽车销售商 邮购电动汽车零件	购买——几周 装配——80 ~ 100 小时
改装二手车	二手车销售商 电动汽车零件销售商	本地汽车销售商 邮购电动汽车零件	购买——几周 装配——100 ~ 200 小时
从头制造	制造商 / 销售商 电动汽车零件销售商	本地原材料 邮购电动汽车零件	装配——几个月 装配——200 小时以上

改装时间可用数小时或数日来计算。如果用二手底盘的话，可能得花更长的时间去清理和做准备。从头制造电动汽车的时间一般都花在寻找自己喜欢的汽车装备、底盘和零件上，以及它们的运输过程。从头制造电动汽车的装配工作才刚开始，改装汽车的工作就已经完成了，而且其装配时间根据你期望的独特性，可能得花上成千上万小时。

➤ 电动汽车改装决定

如今改装电动汽车的时候，可以选择多种底盘：小轿车、跑车、紧凑型轿车、跨界车、SUV（不推荐）和小型货车。小轿车和跑车的底盘可能轻一些，但是它们存放电池的空间和有效载荷也相对较小。每年生产商为汽车增加辅助部件或隔音材料时都会使大部分车型增加 25 ~ 50 磅重量。轿车和跨界车的空气阻力较小，这一优点是 SUV 和载货车所不具备的。

不管你选择哪种电动汽车，只需选择你喜欢的。为什么花掉 1 万美元和将近 100 小时去拥有一辆你不喜欢的车呢？你的电动汽车应该是你引以为豪的车。

你还有选择交流驱动系统和直流驱动系统的自由。典型的交流驱动系统工作电压较高，转速较高，但是价格比普通的直流系统要贵。每个系统需要一台电动机、一个控制器、几组电池和一个充电机。本节将比较这些选择，为本书后面提供的指导作铺垫。

为了帮你做出最佳决策，我们有必要先确定你的需求。你是想为自己寻找一辆小型通勤车？还是想要一辆家庭式城镇汽车？车座数量、性能和续驶里程都是基本考虑

因素。驱动系统的价格直接与你的需求相关。

如果你的预算有限,那么区分好需求和欲望就很关键。很多人都想在4秒钟内加速到60英里/小时,想达到特斯拉电动汽车250千米的续驶里程,但是并没有多少人想花掉10万美元。但是现在3.5万~4万美元也能配置到最好的机械部件和电池。位于马赛诸塞州的A123 Systems公司正在为汽车公司销售最好的锂离子电池和纳米磷酸盐电池。虽然该公司刚刚被江森自控公司收购,但是其技术并没有丢失,而且只会利用江森这样的大公司越做越强。我们将在第8章详细讨论这一内容。

Lynne Mason 曾如此报道:

我曾四处打听把最好的交流电动机放在改装的电动汽车里,并且有了很棒的发现。现在有一种新的交流电动机,是为低电压系统而设计的。在曲线造型的玻璃纤维的保时捷 Speedster 里安装上它,简直都要飞起来了。

曾经我们很多人都想要交流电动机,因为它们电动汽车里表现更好,但是其价格太高,而且对常人来说较难驾驭。它们最好是留给专家和有钱人去用。不过也有很多成功范例,请参见我的网站:www.electric-cars-are-for-girls.com/ac-conversion.html。

但是,高性能电动汽车系统公司(以前称为HPGC)已经研发出了三相交流电动机,适用于全尺寸电动汽车,但是价格只有以前的零头(不到5000美元,而不是以前的15000美元)。公司将其命名为HPEVS AC-50。

来自密苏里州EVT Motor Werks的Jack Rickard利用HPEVS交流电动机和锂电池改装出了一系列小巧、高速的跑车。我曾有机会问了他如下问题:

Lnne: Jack, 你的跑车看上去很漂亮,能跟我说说它们吗?

Jack: 我也很喜欢它们。Spyder 550 和 Ivory 356 都是采用的HPEVS系统,采用HPEVS AC-50电动机和Curtis 1238控制器。这个控制器很耐用、配置很好。我们非常喜欢它。例如,我们用液压式压力传感器……

Lnne: 就像这个吗?

Jack: ……对,有点像这个,根据制动管路上的压力输出0~5伏的直流电。Curtis就用这个输入信号调节再生制动。

Lnne: 在你的车里,HiPer交流电动机的工作电压是120伏吗?在这个电压下,其加速性能怎样?

Jack: 这些车的车速能够达到210千米/小时,可在11.2秒内从0加速到100

千米/小时。以 Speedster 车型为例，其性能与 1957 款车型相当，而从 0 → 10 和从 0 → 120 千米/小时的加速性能要更好。

Lynne: 多重的汽车能用这款交流电动机？

Jack: 我认为 2500 磅以下的汽车较为理想，1.4 吨的汽车也能用，但是效果不理想。用在 2000 磅的汽车或 1840 磅的保时捷 Spyder 上效果特别好。

Lynne: 我曾看到有人用更高端的交流系统，电压在 300 伏或 320 伏。如果这些交电动机用得好的话，那么它们的价格悬殊会很大。

Jack: 我们对其性能非常满意，而且价格也相对低廉，大约 4600 美元就能购置整套电动机和控制器。

[我问了 Jack 关于交流电动机、直流电动机和内燃机在马力方面的比较问题。]

Lynne: 所以从理论上来说，这台电动机是 100 马力。我经常猜测马力就是指“汽车能以多快的速度从 0 起步加速到 45 英里/小时？”但是我不知道这是否对于 SW 直流电动机更加适用，或者交流电动机也适用，因为我没见过这样的交流电动机。你怎么看待交流电动机和直流电动机的马力对比的？或者我的想法都是对的？

Jack: 交流电动机马力确实能与直流电动机的马力进行对比。内燃机通常使用马力进行评级。它们列出了峰值马力以及对应的每分钟转数，比如一台 V8 内燃机是 3600 转/分钟或者一台小型跑车发动机是 4600 转/分钟。如果转速比峰值马力低几百转/分钟，那么内燃机产生的马力就不到其一半。对于 400 马力的内燃机来说，在转速为 1000 转/分钟时，其值为 15 马力。电动机也通常使用马力进行评级。电动机的额定马力一般指电动机持续运转一小时而不使线圈烧坏的功率值。如果是一台 10 马力的电动机，你可以每小时输入 7460 瓦功率。此外，我们认为内燃机会生产马力，电动机是消耗或转换马力。所以当你给电动机输入 10 马力时，实际上它会在短期内消耗一部分未知数量的马力。这不是一个精确的线性关系。但是如果它是一个线性关系的话，那么 10 马力电动机可以是 30 分钟消耗 20 马力，15 分钟消耗 40 马力，7.5 分钟消耗 80 马力，3.75 分钟消耗 160 马力，你就知道结果了。

在直线加速赛中，典型的加速时间是 14 秒。在实际交通中，你可能在 7 ~ 8 秒钟内实现加速。所以我们通常认为电动机产生转矩而不是马力。给定输入功率时，输出转矩将是持续不变的，通常从 0 变到 4000 转/分钟或 4500 转/分钟。到那个点后，它就开始因为各种原因逐渐减少。这种平缓的转矩曲线正是使电动汽车比内燃机汽车感觉要好的原因所在。

结果是持续加速到 4000 转 / 分钟——这是个与众不同的体验，非常不一样。这也是为什么我们喜欢驾驶电动汽车的原因。

Lynne：谢谢你，Jack！

底盘的作用

如果你继续打算改装电动汽车，那么最重要的决定是底盘的选择。评估底盘。什么是整备质量？什么是有效载荷？它能满足电池的重量和空间要求吗？比如，马自达 Miata 不能承受普通皮卡通常使用的 20 节 6 伏电池。使用网络查询想要购买的底盘的整备质量和有效载荷。你一旦确定喜欢的一些汽车，就应该与改装专家共同合作，或者制作选用的电池的纸板模型。然后，你就一定能找到适合它们的汽车。

将重量最小化一直以来都是电动汽车改装的首要目标。厢式货车重量大，而轿车改装起来又最费时间（因为用于安装电动部件的空间较少）。内燃机皮卡车的底盘实际上是很不错的改装选择，因为：

- 单排座皮卡的整备质量（不含内燃机部件的重量）不会比轿车重，但是它有足够的空间用于安装额外的电池，由此可以带来更好的性能。
- 手动变速器、无装饰的、四缸或六缸内燃机皮卡曾经是最便宜的改装平台之一。
- 增加的电池重量对于皮卡的承载结构来说毫无问题。
- 其牢固的框架是专为承载额外重量设计的，额外弹簧或重载弹簧在你需要的时候很容易就可得到。
- 皮载货车的电池和驾驶舱可以很轻易地分开。这对于安全性来说非常重要，这是轿车或厢式货车改装平台所没有的优点。
- 皮载货车的空间更大。发动机舱和载货箱或驾驶室为零件设计和布置提供了自由空间，其前轮驱动的模式为电池安装提供了便利条件。
- 一种新款紧凑型皮卡甚至是一辆 SUV 的迎风面积与同样规格的轿车差不多，但是其前格栅和发动机区更容易阻挡或盖住以降低空气阻力和发动机舱的涡流。

电池的作用

就像我在自己的网站和第 2 章中提到的，锂离子电池储存的能量是传统电池的 3 ~ 4 倍之多。现在它们广泛应用于便携式电子设备上，如电脑、手机、MP3 等。锂离子电池的正极材料非常高效，但是也非常昂贵。未来，这些应用可能会依赖磷酸铁锂电池：它具有环保、便宜和热稳定性等优点。这使其成为未来电动汽车上锂电池的最佳选择。

更多的电池意味着更高的电压，更高的电压意味着更好的性能（图 4-13）。一个 120 伏电池模块包含 20 节 6 伏电池（大概 544 千克），可以使一辆整备质量为 3000 磅，装备四档变速器的皮卡车最高车速达到 60 英里 / 小时以上，续驶里程达到 60 英里。你可能多多少少会依赖于设计和零件。电压升高后可以提高电动机的最高转速，也就能让汽车跑得更快。提高电池的安时数将可以增加其续驶里程。增加电池数量可以提高电压和重量，但是也可以在不改变重量的情况下通过更换电池种类来提高电压。

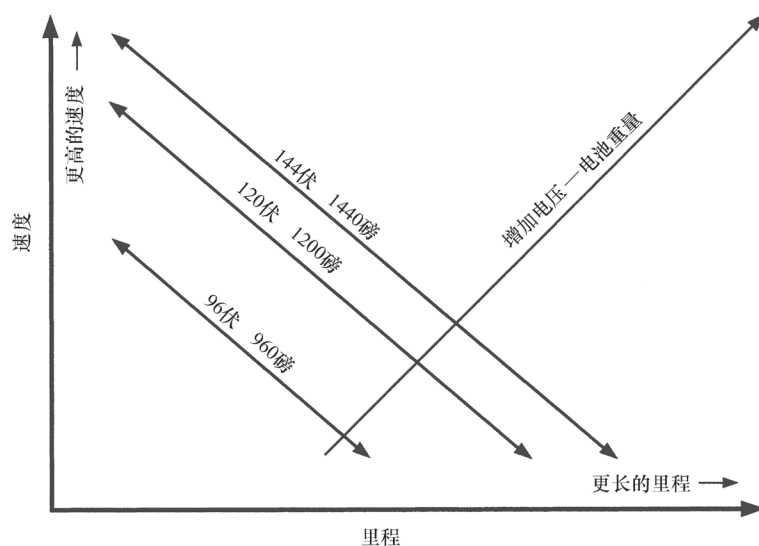


图 4-13 在某个范围内，电池数量多要比少好

表 4-2 所示为电动汽车改装决策的所有方面：底盘、电动机、控制器、电池和充电机在较好、理想、最佳和不限价格等层面的比较。如果价格不是问题，那么你可以定制底盘，安装最新的交流感应电动机和控制器，采用镍氢电池或锂聚合物电池。

表 4-2 电动汽车改装决策对比

零件	较好	理想	最佳	不限价格
底盘	厢式货车	皮卡	轿车	定制的
电动机	串励直流电动机 19 马力	串励直流电动机 22 马力	复励直流电动机 30 马力	交流感应电动机 50 马力
控制器	Curtis MOSFET PWM	定制 IGBT PWM	定制 IGBT PWH+Regen	定制交流 IGBT PWM+Regen
电池组	96 伏 -16 节，每节 12 伏 铅酸电池	120 伏 - 20 节，每节 6 伏 铅酸电池	144 伏 - 6 伏 /12 伏 铅酸电池	120+ 伏 镍镉电池、钠硫电 池、锂聚合物电池
充电机	120 伏， 20A	120 伏， 20A+ 车载	240 伏， 50A+ 车载	240 伏， 50A

如果仅采用最佳方案的话，我们可以选择皮卡、串励直流电动机、Curtis 脉宽调

制控制器 (PWM)、铅酸电池和车载 120 伏 /20 安充电机。实际上, 从较好或理想一栏里选择配置也尚可接受。我个人青睐皮卡, 但是你不必和我一样。

最关键的一点就是利用可以得到的零件。交流驱动系统、直流电动机、Curtis 控制器、锂离子电池、镍氢电池和铅酸电池现在对于我们来说都不是难题, 而且价格也较为合理。利用熟知的资源, 你的成功机会和满意度将非常高。当你为下一辆改装车做好准备的时候, 你可以尝试改变一点, “突破束缚”。现在就开始吧, 你可以做到的! 你知道整个过程, 什么有用, 在哪里可以进行改变。

4.4 改装步骤

第 5 章到第 9 章介绍了底盘、电动机、控制器、电池、充电机以及一些提供资源的新网站。在第 10 章, 你可以借鉴我改装福特 Ranger 的方法, 在任何改装尝试中都可以择优采纳。第 11 章阐述了改装成功之后如何让你享受电动汽车带来的乐趣。一定要利用网站上的资源, 不要仅听我的一家之言。加入电动汽车协会 (EAA), 订阅新闻邮件、微博和脸谱网页。网址是 buildyourownelectricvehicle.wordpress.com。

4.5 电动汽车电动机: 关于交流电动机与直流电动机的讨论

来自俄亥俄州的 Jeff 曾经给我写过一封信, 问交流电动机到底比直流电动机好在哪。这个问题就说来话长了。

交流电动机的知名供应商 Metric Mind 公司曾称, 对于一般驾驶性能而言, 交流电动机远远优于直流电动机。当主要汽车制造商——通用公司、福特公司和丰田公司——制造第一辆电动汽车的时候, 不约而同都采用的是交流电动机, 这应该不是偶然。

Metric Mind 认为交流电动机的优点在于:

- **实现再生制动而无须增加额外部件**——因为交流系统可以在制动时很好地回收能量, 就像加速时释放能量一样容易, 这样就可以在正常行驶过程中回收一部分电池能量。Metric Mind 指出只有少部分的直流电动机能做到这一点, 但是它们做得没有那么好, 而且这样还会使这些电动机更复杂、更昂贵。
- **良好的转矩**——简要说来, 就是指交流电动机能与内燃机的转矩曲线良好匹配, 所以不会因为正常驾驶习惯而不经意地损坏变速器。内燃机与直流电动机

有很大不同，其驱动系统不是低端的串励直流电动机所能承受的。交流电动机则适用多了，能使变速器寿命更长。Metric Mind 是如何评论的呢？“齿轮断齿、花键磨损、传动轴变形、等速万向节毁坏……交流电动机就不会出现这些问题。”代价太高。

- **没有电动机电刷**——很多人，包括我的舅舅 Chuck 在内都认为电刷的寿命很长，而且不出问题。但是我要说的是，它们在再生制动工况下毫无用处。但是对于交流电动机来说却不是问题，因为交流电动机没有电刷。
- **可编程性**——现在直流电动机控制器是可编程的，但是通常没有进行编程。交流逆变器与电动机实现了完美匹配，你自己能设置软件参数来适应你的驾驶风格和电池。想增加你的续驶里程吗？再生制动时将电池电压设到最高值，行驶时设到最低值。这是复杂的交流逆变器能做到的很小的例子，行驶时全都可以在车内屏幕上实时显示。
- **安全性**——想听一些可怕的事情吗？如果直流电动机的控制器的功率级失灵，那么整个电池箱的电压——120 伏或 140 伏或其他数值——就会施加到电机上。Metric Mind 所言：“如果局部失灵发生在你等待红绿灯的十字路口，你的汽车最好具备较好的断路器、熔断器、切断开关和反应时间。”交流逆变器失灵的最坏结果就是你得停下车，走回去。
- **倒车方便性**——“逆变器只需将两个相位的顺序交换就可以使转子向相反的方向旋转，”Metric Mind 说，而这对于直流电动机来说有点复杂。
- **安装简易性**——人们通常以为交流系统安装过程比直流系统复杂，实际上恰恰相反。的确，交流电动机的逆变器本身是个复杂的仪器，但是直流电动机的控制器也同样如此。两者都需要使用电脑，但是这很平常，因为内燃机也要使用电脑。在接线方面，Metric Mind 说：“给西门子交流驱动系统接线，你需要进行六个连接：三条线与电动机连接，两条线与电池连接，一条线与插座编码器连接。剩下的就是低压接线：+12 伏 DC/DC 输出给车内 12 伏线束系统，三条线与启动开关连接，三条线与节流阀连接，三条线与方向开关连接，两条线与启动抑制开关连接。所有线束都是预先组装好的。”另一方面，“串励直流电动机系统的典型构造是：两条电线从电池连向主接触器开关，两条跨接电缆连向换向接触器，两条电线从主开关连向控制器，两条电线从控制器连向电动机，一条电线与电动机电枢相连，两条电线与 DC/DC 变换器输入侧相连。在低压

方面：三条电线与启动开关相连，两条电线与节流阀相连，两条电线与预充电接触器线圈相连，两条电线与换向接触器相连，两条电线与控制器的功率电阻预充电电容相连，两条电线与启动抑制开关相连。一条粗电线将 DC/DC 变换器的阴极接地，另一条电线将输出与 12 伏系统相连，两条电线将电动机温度开关与仪表板上的照明灯相连。一般情况下没有预置的线束，你需要自己做。”

➤ 交流电动机不适用的地方

直流电动机在两种情况下比交流电动机更适用。第一种情况是电动汽车直线竞速赛车手想将他 / 她边上的发动机替换掉，而又不想太费劲，他 / 她绝对会想要一台直流电动机。另一种情况是“粗制滥造”的改装爱好者想要尽可能便宜地依靠电池来行驶。这也没有什么好害羞的，现在上路的很多电动汽车都出于这些人之手。我只是想说还有更好的选择，未来的电动汽车将毫无疑问配备三相交流电动机。最后，电动汽车爱好者将深吸一口气，战胜对未知的恐惧。从长远的发展来看，我们将受益于此。

➤ 费用问题

现在我们到了最关键的一部分——费用问题。

让我们将汽车和电池的成本加进来，然后进行分析。通常，他们都可以很好地告诉你 144 伏汽车系统能期待到什么。

也可以注意一些专业改装公司，比如美国电动汽车有限公司（EVA）。它们会告诉你可以期待的性能、什么时候可以拿到车、得花多少钱、报价有效期等。你也可以从供应商手中得到同样的书面信息。选择零部件很重要，它们将作为一个系统来工作。不要指望从网上随机购买的零件能在一个集成的系统中得到合理使用。另外，专业公司在销售后也可能会帮助你解决很多问题。美国电动汽车有限公司的 Bob Batson 表示该公司承诺为售出的改装车提供服务。这样，即便是该车的二手、三手、四手买家也能保证得到该公司的专业服务。

表 4-3 加入了皮卡底盘和电池成本，显示了你可以从二手底盘和旧底盘上可以预期节省的成本，也显示了使用最新底盘和一些额外的部件可能多花的成本。在对比中省略了出售内燃机零件可获得的收益。如果你真的出售它们，那么汽车成本可能会低一些。

表 4-3 电动汽车改装费用对比

项目	经济型 1500 美元	经典型 3000 美元	高端型 10 000 美元	客户百分比分配 28-31-57
底盘 皮卡	旧的早期车型	旧的近期车型	去年的新车型	8-8-4
电动机连接盘 定制	400 美元 本地或 DIY	800 美元 专业制作	800 美元 专业制作	15-16-10
电动机 先进的直流电动机 22 马力	800 美元 旧的	1500 美元 新的	150 美元 新的	8-8-4
控制器 Curtis PWM	400 美元 旧的	750 美元 新的	750 美元 新的	12-19-14
接线和零件 开关、仪表、线束	600 美元 旧的	1850 美元 新的	2500 美元 新的	23-12-7
电池组 20 节，每节 6 伏铅 酸电池	1200 美元 新的	1200 美元 新的	1200 美元 新的	6-6-4
充电机 车载，120 伏 /WA	300 美元 旧的	550 美元 新的	800 美元 新的	
总计	5200 美元	9650 美元	17550 美元	

电动汽车经济学

Bob Batson

美国的电动汽车简介

2011 年 4 月是电动汽车爱好者尤为激动的时期，因为汽油价格飙升至 4 美元 / 加仑。2010 年底，雪佛兰 Volt 和日产 Leaf 电动汽车已经问世。两款车型都得到了高度认可。有两个问题：

1. 这种大肆宣传与现实相符吗？
2. 它的真正价格是多少？

你需要先回答这第一个问题。Volt 汽车一直被批判为仅仅是一辆混合动力电动汽车，而非真正的纯电动汽车。而 Leaf 则只能以 22 英里 / 小时的速度行驶 100 英里，这与便宜得多的改装电动汽车的性能差不多。

在我们的经济性分析中，在每英里费用方面对六款汽车进行了对比。这六款汽车是 2011 丰田 Camry（汽油版）、Prius 混合动力电动汽车 Prius、改装的电动汽车（144 伏铅酸电池）、改装的电动汽车（锂电池）、雪佛兰电动汽车 Volt 和日产电动汽车 Leaf。

► 分析

表 4-3 显示了四款汽车的初始成本。对于改装车而言，已将零件和电池的额外

费用计算进去了。然后对燃料成本、保养费用、保险费用以及利息支出等进行估算。这仅仅是预估值，因为实际费用还会根据不同情况产生变化（例如保险费用和燃料成本）。雪佛兰 Volt 和日产 Leaf 的保养费用还是未知数。尽管有言论称其成本会与 Camry 差不多，但是可能还是会高出 50%，每英里会多出 2 ~ 3 美分的费用。改装车的保养费用预计与其他车型差不多，尽管大部分保养会由车主自己完成。

如果汽油价格定在 4 美元 / 加仑的话，那么丰田 Camry 的生命周期成本是每英里 47 美分。汽油价格每加仑增加 50 美分，其费用会增加 2 美分。对于雪佛兰 Volt 来说，没有对使用汽油的假设。如果全靠汽油驱动的话，其费用每英里增加 8 美分，可能会与丰田 Camry 一样。

对于日产 Leaf，没有预算其充电机和安装过程的额外费用。这些费用可能会达到 2000 ~ 4000 美元。日产 Leaf 在续驶里程方面有多种说法，根据不同行驶工况从 100 ~ 220 千米不等。

你自己也分析一下，看看是否会得出同样的结论。记得告诉我。

4.6 小结

从这些分析中可以得出以下结论：

- 两款改装车型的每英里费用都比新车的成本要低，这可能并不奇怪。
- 锂电池改装车的费用比铅酸电池改装车的费用要低一些，这是将其寿命周期设为 5 年得到的结果，一般的质保期实际为 2 年。
- 雪佛兰 Volt 的每英里费用在即便没有计算汽油消耗的情况下，也比其他车型都要高，其每英里费用比一辆普通的改装车要高出 62%。
- 日产 Leaf 比雪佛兰 Volt 表现得好，仅仅是因为其初试成本要低一些。

无论如何，享受你的电动汽车之旅吧！

非常感谢 Bob Batson 对电动汽车发展所作的贡献。他在我处于疑惑的时候给予了大量帮助。但是，我不会只给你留下一个改装电动汽车多么优秀的案例。你需要基本事实。

Eric Tischer 的装备交流电动机的改装汽车

Lynne Mason

我曾有机会采访过 Eric Tischer，他制造了我所见过的最好的装备交流电动机的改装汽车。他曾获得机电工程学位，并且对改装汽车很感兴趣。但是他说任何人都可以

使用正确的材料改装出一辆相当好的装备交流电动机的汽车，而且费用不会很高。

Lynne: 你为什么想改装一辆电动汽车呢？

Eric: 我在改装电动汽车之前曾改装过一些其他发动机汽车。我在1988年进行了第一次发动机汽车改装尝试。当时我21岁。我买了一辆1973 MG汽车和一辆1985 RX-7汽车，并且决定对这两辆车的发动机进行互换。从买这两辆车到MG汽车能用RX-7汽车的转子发动机和5档变速器驱动行驶，一共花了一个月时间。这辆车快得惊人，尤其是在我使用155/80 R13轮胎之后。这台发动机可以以高达8000转/分钟的转速工作，直到汽油耗完为止。这辆车运行时的声音听上去也很安静，但是时常会发生传动轴断轴，然后我就决定进行更好的改装尝试。我的第二次改装尝试是在保时捷914车型基础上改装出一辆斯巴鲁涡轮增压水平对置式四缸发动机汽车。我设计了其冷却系统和散热器芯。我还制造了发动机支架、排气装置和燃油喷射装置的线束。你信不信，我只用了三天时间就完成了风冷保时捷向水冷斯巴鲁的改装。这辆车并不是超级快的，在损坏了几个涡轮增压发动机之后，我决定进行升级。最后一个发动机发生了爆炸，它的气缸垫漏水，并且不断地回火。有一次回火发生在中间冷却器顶部，我通过后视镜看到行李箱上有一团小火球。我最后换了斯巴鲁2.7升水平对置式六缸发动机，并且直到我7年后将其出售还能可靠运行。这辆车听上去就像保时捷911一样。我卖掉这些车之后，我想进行另一次改装尝试，与以前不同，并且能用上我的“机电”技术。当时，汽油价格在4.5美元/加仑徘徊，所以制造一辆电动汽车是很完美的尝试。

Lynne: 这正好与你打造一辆装备交流电动机的改装汽车的兴趣相符，并且汽油价格又让此变得充满逻辑？没有什么“拯救鲨鱼”或者“石油危机”的动机？

Eric: 汽油价格当然是激发我改装电动汽车的原因，现在市场上没有大众能承受得起价格的电动汽车是一种悲哀。我想它们一定会卖得很好。现在，唯一获得它们的方法就是自己改装一辆。

费用问题

Lynne: 如果不介意，你能告诉我这项工程花了你多少钱吗？我之所以这么问，是因为交流驱动系统的控制器是改装汽车的最昂贵的部分。我非常想知道自己动手是否会让费用降下来。

Eric: 我花了大约2万美元，包括买车和制造三台电动机控制器。第一个控制器在试验一星期后坏了，第二个控制器只能控制速度，第三个控制器正是我现在用的，

既可以控制速度又可以控制转矩。如果我再从头改装的话，可能只用花 15000 美元，其中一半的钱将花在电池、电池管理和充电机上。

Lynne: 这对于装备交流电动机的改装汽车来说是个不错的价位。

电压问题

Lynne: 在你的装备交流电动机的改装汽车中，你用了 300 伏电压系统。这与 120 伏改装车型相比高出不少。我听说过许多车主抱怨说他们的交流改装车的加速性能就像公交车一样，但是他们用的是 120 伏系统。你的改装车加速性能并不像公交车，我想这可能与它的 300 伏电压系统有关。

Eric: 我的加速性能比有些直流电动汽车要快是因为它有更多的后备功率。功率 $\text{转速} \times \text{转矩} / 5252$ 。大部分的直流电动机只能在电池电压允许的转速范围内工作。例如 100 伏只能产生 2000 转 / 分钟。如果你想要更高的速度，那么 140 伏能提供你 2800 转 / 分钟。一台交流电动机可以不受电压限制进行工作，因为它的转速是与频率相关的。这是电动机控制器（逆变器）产生的三相正弦波的频率。我的交流电动机速度受轴承限制，大概是 10 000 转 / 分钟。

通勤问题

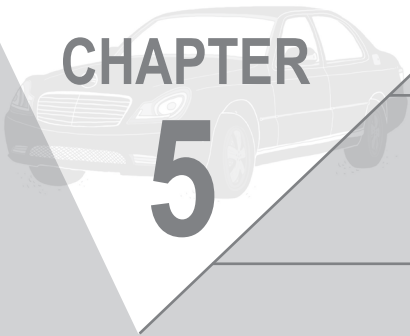
Lynne: 你开这辆车上下班吗？

Eric: 我天天开着这辆车上下班。我大概以 65 英里 / 小时的速度行驶 20 英里，这需要以 18 安 / 115 伏充电 3.5 小时。这辆车很轻易地就能开到 100 英里 / 小时，但是我开到的最高速度是 98.6 英里 / 小时。这辆车大概 500 磅重。我最近两周大概用它开了 450 英里。我非常喜欢它的安静。我第一次开着它的时候，心都快跳出来了，没想到它真的能跑。

Lynne: 我能体会到，这是你开的第一辆电动汽车吗？

Eric: 是的，这是第一辆，我很兴奋因为我一直以来都在非常努力让控制器能够工作起来。

Lynne: 下面，我想用几分钟时间谈谈你是怎么为交流改装汽车挑选电动机的。



CHAPTER

5

第 5 章 底盘与设计

尽管这是整个改装过程的第三个步骤，但是仍然有必要专门谈一谈，因为它很重要。

此外，本书的一些评论者还没有读完全书去了解它们所提问题的答案。更重要的是，本书现在并不仅仅告诉你如何改装一辆电动汽车，还包含了许多制造商、汽车公司和教育机构来通过交通电动化帮助解决世界交通问题。

而且，人人都想拥有属于自己的电动汽车。不管你是自己制造一辆（我知道很多人不会这么做），让制造商制造一辆，或是让改装制造一辆，我们都想拥有自己的电动汽车。本书想为读者提供一个关于人们如何对打造自己的电动汽车感兴趣的全球化视角。这就是你为什么在澳大利亚、印度、中国、英国、法国和美国看到电动汽车的原因。你可以从别人手里购买一辆改装电动汽车，或者购买日产 Leaf、福特 Focus、宝马 ActiveE、特斯拉 Roadster、Model S 或 Model X、丰田 RAV4 等。世界上有很多人并非机械工人，也不能改装纯电动汽车，所以如果你就是这批人的话，那么就可以在本书封底所示网站上查找改装电动汽车公司的名单。

关键是知道电驱动系统和其他零部件的供应商。例如，一辆纯电动的沃尔沃汽车的基本需求是它要像其他沃尔沃内燃机汽车一样在日常行驶和交通事故中都很安全。“我们对所有产品都实行同样的高安全标准，但是与安全相关的挑战可能会因动力传动系统和燃料的不同而有所变化。对于我们来说，电动化技术是我们向市场推出最安全汽车的另一个令人兴奋的挑战。”沃尔沃公司安全策略与需求部门高级经理 Jan Ivanrsson 说，“对交通事故中的电动化安全问题我们都是清楚的，但是考虑到我们的汽车中只有不到 1% 的汽车会在路上行驶过程中发生交通事故，因此我们必须采取更加全面的措施，包括汽车日常使用中的所有方面。”

汽车生产、使用、保养以及回收利用的每个方面都得到了全面分析，反馈回来的信

息也被用来促进最终产品的发展。

5.1 正在和即将开展的综合试验

“我们已经在零件层面做过试验，看看电池在紧急制动和随后的碰撞中会受到什么影响。我们也进行了实车碰撞试验来评估应用于电动汽车中的技术。” Jan Ivarsson 说，“锂离子电池安装在汽车中间部分，而使它们避开了碰撞缓冲区。”

即使你买了一辆现成的电动汽车，仍然想要知道制造商到底为你做了什么工作，这样你才知道是否买到了自己最喜欢的一款车。除此之外，你将通过挑选底盘或其他改装措施来优化你的爱车。本章将教你如何买得更聪明：

- 为什么改装车是最好的选择——正方意见
- 为什么改装车不适合你——反方意见
- 怎样达成最佳交易
- 避免杂牌的、太旧的、太脏的和生锈的底盘
- 保持你的需求清单随手可得
- 购买或借一本底盘手册
- 出售没用的发动机零件

底盘是电动汽车改装的基础。你不能自己从头制造底盘，但是有一些原则可以帮助你进行改装或购买，例如重量的影响、空气阻力、滚动阻力和传动系统。

本章将为你介绍优化、设计以及购买电动汽车的每一步。你将熟悉如何在优化电动汽车改装车的规程中权衡底盘优劣，然后再去设计改装过程，并保证挑选的每一个零件能满足你的需求。当你清楚什么对你比较重要并确定你的设计能满足你的需要时，就可以开始挑选底盘了。

所有这些步骤将对你产生立竿见影的效果。这些原则都是通用的，你在购买、制造和改装的过程中都可以用到它们。

5.2 为你的电动汽车挑选最佳底盘

底盘是电动汽车的基础，所以要聪明地进行选择，这是本章的关键所在。因为你很有可能是改装而不是从头制造，所以在你选好底盘后就很难再改动什么了。秘诀就在于问自己一些正确的问题，弄清楚在进行选择之前你想要达到什么目的。如果改装后的电动汽车没有超出原型汽车总重及轴载荷要求，那么所有系统将继续延续原型车

的性能表现，其稳定性及操作性都会较好。此外，改装汽车还继承了原型汽车的保险杠、车灯以及安全玻璃车窗等，而这些部件都已得到预核准并满足所有安全要求。还有一个好处——你省了更多的钱。汽车废车场通过购买整车（载货车、厢式货车等）然后卖掉零件赚更多的钱。

当你制造（而不是改装）一辆电动汽车时，情况就大不相同了。除非你买了成套的汽车零部件组合，否则从头制造意味着要购买底盘管材、角撑、薄钢板、传动轴、悬架、制动器、转向装置、油表、仪表、仪表盘、汽车内饰等——这些零件将必定要比你购买一个现成的汽车进行改装花费更多的成本。图 5-1 所示为 TurnE 改装汽车。



图 5-1 即将完成的保时捷改装纯电动汽车 Speedster 的车轮、悬架及制动的零部件

你想要的底盘要具有空气动力学外形，轮胎要较窄，这样你只要轻轻一推，它就能几乎永久滚动。但是，车架必须足够大，足够牢固来承载你和其他乘客以及电动机、传动系统、控制器和电池。此外，如果你想在高速公路上驾驶电动汽车，联邦法律要求其必须适合在公路行驶，并达到某些安全标准。例如，宝马 i3 概念就以 LifeDrive 概念的水平分开式为特色，其 Drive（驱动）模块系统为安装在上部的 Life（车力）模块提供了坚实基础。之所以这样设计是为了安放其巨大的电池系统。为了保证尽可能

远的续驶里程，宝马 i3 概念车的电池系统就相应大一些。最省空间的存放电池方法就是将其放在车底，这样它就占据了整个底盘的中央部分，从而优化了车重分布，降低了重心。电池安装在铝制框架中，这样可以保护其不受外界碰撞。一旦前部或后部受到撞击，前后部位的碰撞主动防护结构可吸收必要能量。eDrive 系统从整体来讲比同款内燃机要紧凑许多，可以很巧妙地在后轴的狭小空间内布置下电动机、减速器和电子器件。

Drive 模块里的所有驱动零件的集成设计使得车身地板上的中央通道已无必要，其在燃油车上主要是用于布置传动轴。因此，宝马 i3 概念车的车内空间就比具有同样轴距的其他车辆大得多，可以布置全尺寸座椅，也可以使其内饰设计充分满足城市交通的需求。该车能够为四名乘客提供舒适的空间，并且具有一个容积为 200 升的行李箱来容纳乘客的行李。

宝马 i3 概念车的底盘对于城市行驶来说也很理想，其令人艳羡的小转弯半径和直接转向响应非常敏捷，尤其是在低速行驶时优势更突出。

➤ 知道自己的选择

第一步就是要知道自己的选择。如果你没想安装太多电池的话，你应该使自己的电动汽车尽量轻量化。如果你想要一辆 SUV 的话，那就要多安装些电池。电动机 - 传动系统 - 电池组合必须要与所选择的车身相匹配，而且必须满足你最重要的需求——速度快的汽车、续驶里程长的汽车或者是介于二者之间的实用通勤车辆。

第二步是为你想要的性能进行设计。电动汽车的重量、电动机、电池安装位置、空气动力学、滚动阻力、操控性和安全性都必须满足你的要求。现在你就有计划了。

第三步是执行你的计划——购买满足你需求的底盘。从本质上来说，这与你购买其他汽车的过程毫无区别。

旧底盘通常最廉价，但是不要买太旧的底盘。如果底盘对于安装电子部件来说都太小或太窄的话，就更不必说电池了，你就知道会有问题了。如果它特别脏，特别锈，你就该重新考虑了。比如，宝马 ActiveE 电动汽车的输出功率为 170 马力，最大扭矩 250 牛米，能在 9 秒内从 0 加速到 60 英里\时，开着它就有一种风驰电掣的感觉。它既继承了原车型的传统，又向未来交通的新天地迈开了一步。

宝马公司的工程师们进行了全新设计，从令人印象深刻的全新电动机到改进的空气动力学和专用的功率器件。宝马 ActiveE 对其制动能量回收（它将动能转化为电池

的电)、恒定牵引力动态稳定性控制、后轮驱动以及将近完美的 50 : 50 车重分配等特性引以为豪。

为了进一步提高已经很优异的行驶动力学, 宝马公司的工程师通过优化 ActiveE 的电池安装以降低整车重心, 结果使其与任何宝马汽车一样优雅, 并且树立了新标杆。该车将重新定义驾驶人对车辆效率和性能的评价方式。

本章的剩余部分将进行详细阐释。图 5-2 所示为总体框图。

5.3 优化你的电动汽车

优化永远都是第一步。即便你购买了现成的电动汽车, 仍然想要知道什么工作已经做了, 这样才能确定是否买到了最喜欢的汽车。在所有其他的案例中, 你将做一些优化工作——要么在前面的选择中, 要么在后面的优化决策中。在本节, 你将要减少以下阻力因素:

- 重力、爬坡和加速
- 空气阻力和风
- 滚动阻力和转弯阻力
- 传动系统

你将看到定义这些因素的计算公式, 并且建立了一个表格, 列出了归一化为 1000 磅汽车和 9 种车速的数值。考虑到后面你还要用到它们, 这些值要留在手头——只需要乘以你自己电动汽车的重量比, 或者在速度值之间进行插值。

当计算一辆汽车实际转矩需求时, 你将会看到许多值在本节的设计部分重新整合起来, 来看看从电动机和传动系统得出的转矩能否满足任务需求。这个设计过程能够无限地应用到任何电动汽车中。

下面所述内容使用美式单位, 如英里、英里 / 小时、英尺 / 秒、磅、磅英尺等, 而不用公里、牛顿米等国际单位, 具体换算见附录单位换算。

是否存在用于电动汽车改装的计算器能让我用来计算达到理想性能所需的电机输出功率的大小呢? 是的, 在电动汽车改装网站 (www.evconvert.com) 上有一个不错的电动汽车性能计算器。你会在页面右手边找到下拉菜单, 选择车型、电动机类型和电池等。(请注意这个计算器是为直流电动机系统设计的, 所以如果你想安装交流电动机的话, 可能就不适用了。) 你可以将调整数代入公式, 比如系统电压值、轮胎滚动阻力值以及从原型汽车上减轻多少重量等。

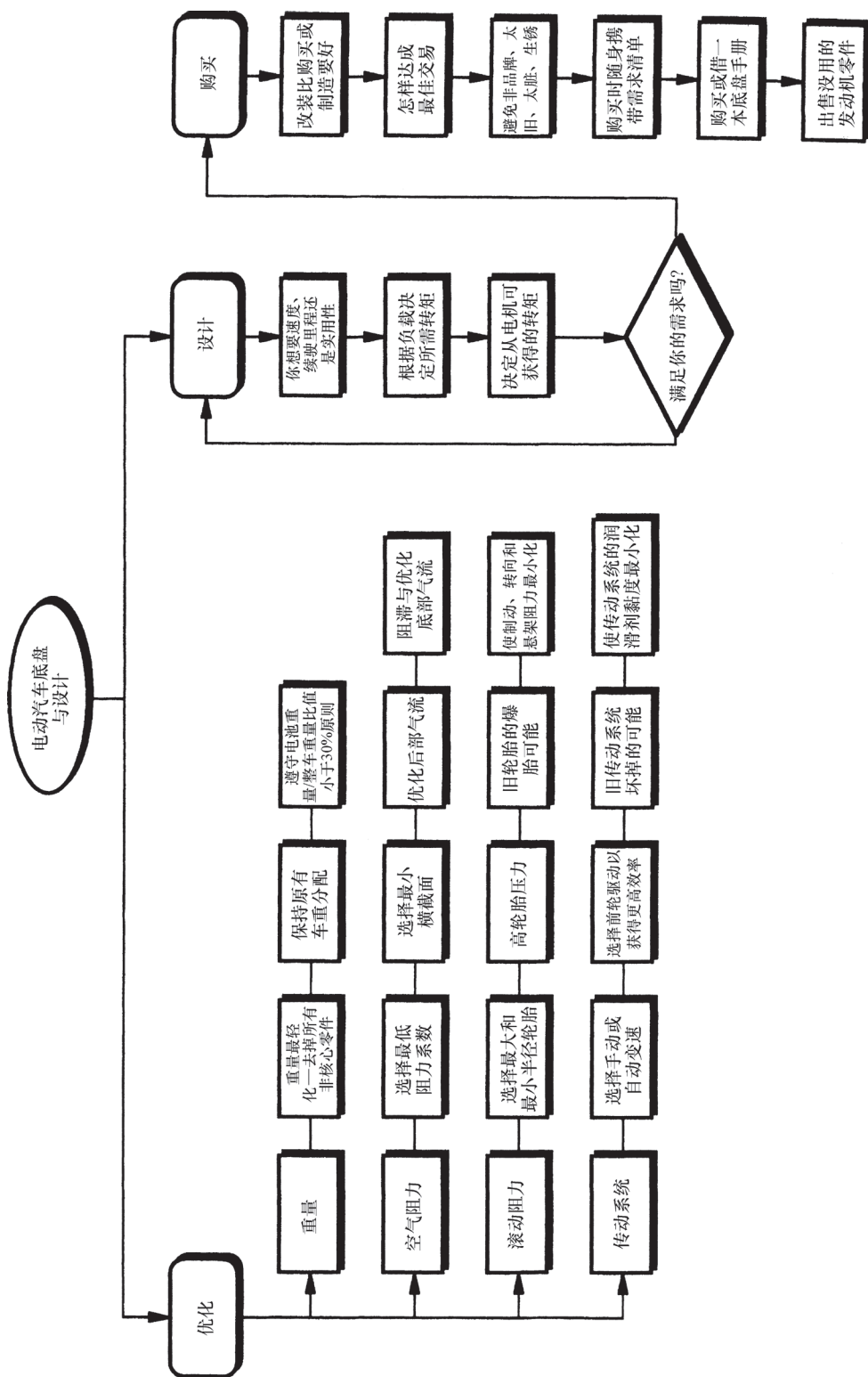


图 5-2 对一个优异的底盘进行优化、设计和购买

5.4 我的电动汽车不太重

在房地产界，最重要的因素就是位置。在电动汽车改装中，最重要的因素就是重量。

➤ 去掉所有不必要的重量

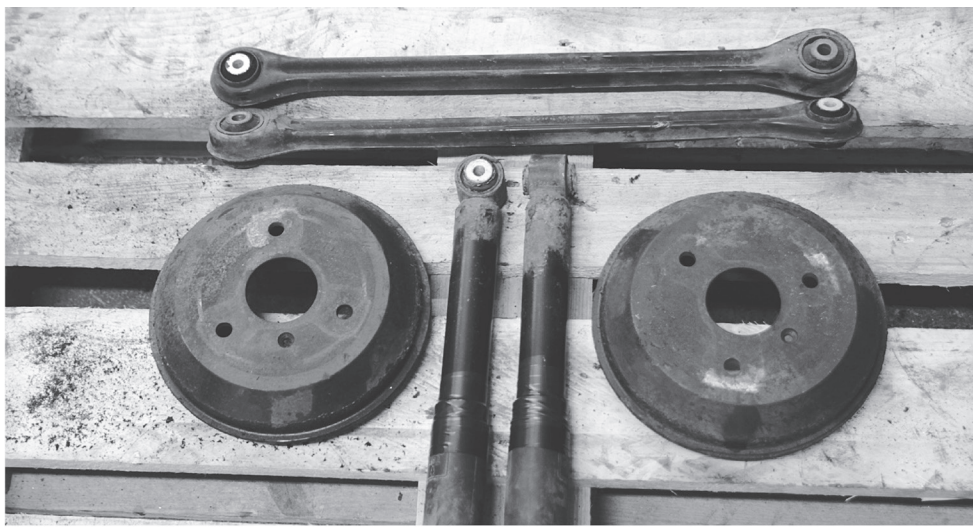
你不想负载很多重量。但是除非你是从头设计和制造，要不然就得继承原车型遗留的重量。这就意味着你必须在三个不同时间点仔细考虑其重量。

➤ 买车之前

在你购买汽车之前考虑一下其减重潜力。它是比较容易还是比较难减轻额外重量呢？它的结构是否容易减重或安装轻量化的替代零件呢？在你买车的时候要把这些因素考虑进去。

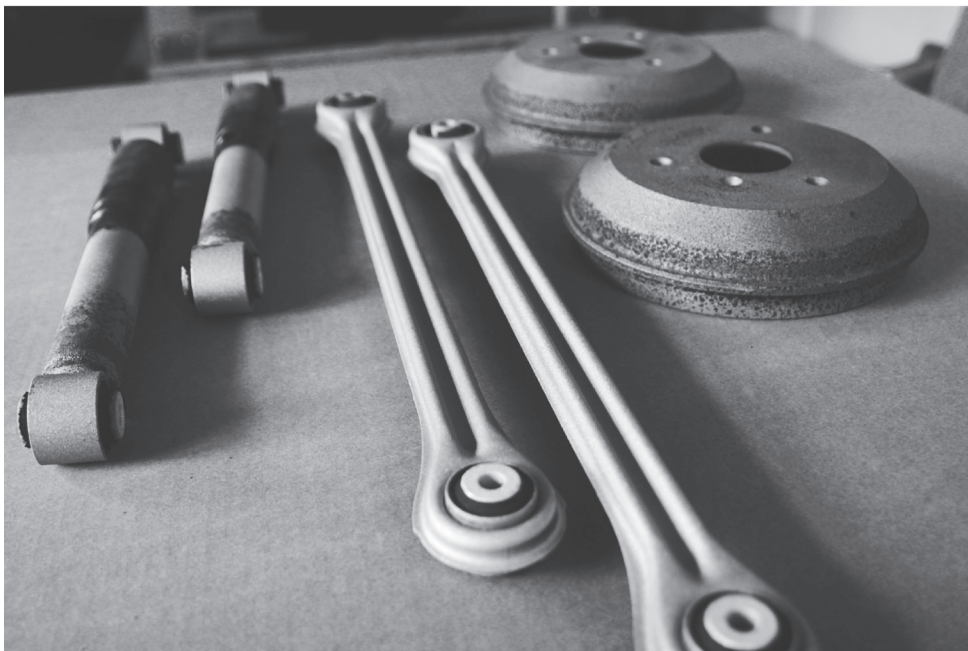
➤ 改装过程中

当你去掉内燃机零件时，很可能会发现从没见过的额外零件或从没想过要将其去除。依附于防火墙或挡泥板上的零件通常都隐藏于拥挤的发动机舱中。用轻量化零件做替换是个好主意，在承重的框架上打孔却不是个好方法，如图 5-3a 和 b 所示。



a) 副车架的一部分需要从旧的底盘中去掉

图 5-3 改装中的汽车



b) 现在看上去是不是更整齐?

图 5-3 改装中的汽车 (续)

➤ 改装后

打破内燃机汽车肮脏的旧习惯，扔掉所有额外零件，包括备胎和工具。

在你的改装工作之后，很可能会减掉 400 ~ 800 磅重量甚至更多，很快它就会变成一辆轻巧的电动汽车。你做这一切的原因很简单——重量会影响电动汽车的性能：加速性、爬坡度、车速和续驶里程。

➤ 重量和加速性

让我们仔细看看重量是如何影响加速度的。当牛顿被苹果砸中脑袋的时候，他就开始思考一个自然界的基本定律——牛顿第二定律： $F=ma$ ，或者说 F 相当于 m 乘以加速度 a

$$F_a = C_i W a$$

式中， F_a 是以磅力为单位的加速阻力； W 是以磅为单位的汽车质量； a 是以英里 / (小时 · 秒) 为单位的加速度， C_i 是质量换算系数，用来解释汽车旋转零件的附加惯性力。汽车行驶需要的加速阻力直接与汽车质量有关，质量增加一倍意味着加速阻力也需增加一倍。

质量换算系数取决于行驶时变速器档位。对于内燃机汽车来说，质量换算系数是

典型的高档位 =1.1，三档 =1.2，二档 =1.5，一档 =2.4。对于电动汽车来说，部分传动系统和质量已经移除或轻量化，质量换算系数一般为 1.06 ~ 1.2。

表 5-1 所示一辆 1000 磅汽车的加速阻力 F_a 随 10 个不同加速度值 a 和 3 个不同 C_i 值的变化。当每秒速度增加 10 英里 / 小时，在 6 秒钟内从 0 加速到 60 英里 / 小时，通常需要额外的动力约 500 磅力。当每秒速度增加 5 英里 / 小时时，在 10 秒内从 0 加速到 50 英里 / 小时需要 250 磅力。

表 5-1 不同的 C_i 值对应的加速阻力 F_a (磅力)

a [英里 / (小时 · 秒)]	$a' = a/21.95$	F_a (磅力) $C_i=1.06$	F_a (磅力) $C_i=1.1$	F_a (磅力) $C_i=1.2$
1	0.046	48.3	50.1	54.7
2	0.091	96.6	100.2	109.3
3	0.137	144.8	150.3	164.0
4	0.182	193.1	200.4	218.6
5	0.228	241.4	250.5	273.3
6	0.273	289.7	300.6	328.0
7	0.319	338.0	350.7	382.6
8	0.364	386.3	400.8	437.3
9	0.410	434.5	450.9	491.9
10	0.455	482.8	501.0	546.6

➤ 重量与爬坡

当爬坡时，会增加另一种阻力：

$$F_h = W \sin \phi$$

式中， F_h 代表坡道阻力； W 代表以磅为单位的汽车质量； ϕ 代表坡道倾斜角。倾斜角因为坡道倾斜角度不同而变化，但是表 5-2 应该扫除了你所有疑云。

如表 5-2 所示，一辆 1000 磅的汽车其爬坡阻力随 15 个不同的倾斜值而变化。1 英里 / 小时 / 秒的加速度所需要的牵引力相当于 5% 倾斜度的坡道阻力，2 英里 / 小时 / 秒的加速度则为 10% 倾斜度的坡道阻力，依此类推直到 30% 倾斜度。这一变化关系将在后面的设计环节用到。

将表 5-2 应用到你的电动汽车上，乘以你的汽车的质量比。例如，一辆 3800 磅的福特 Ranger 皮卡在 10% 倾斜度的坡道上行驶将需要 $3.8 \times 99.6 = 378.5$ 的驱动力 (磅力)。

表 5-2 15 个不同的倾斜值对应的坡道阻力 F_h

倾斜度	倾斜角 ϕ	$\sin \phi$	F_h / 磅力	a [英里 / (小时 · 秒)]
1%	1°34'	0.00989	9.9	
2%	1°9'	0.02007	20.1	
3%	1°43'	0.02996	29.6	
4%	2°17'	0.04013	40.1	
5%	2°52'	0.05001	50.0	1
6%	3°26'	0.05989	59.9	
8%	4°34'	0.07062	79.6	
10%	5°43'	0.09961	99.6	2
15%	8°32'	0.14838	148.4	3
20%	11°19'	0.19623	196.2	4
25%	14°2'	0.24249	242.5	5
30%	16°42'	0.28736	287.4	6
35%	19°17'	0.33024	330.2	
40%	21°48'	0.37137	371.4	
45%	24°14'	0.41045	410.5	

➤ 重量影响速度

尽管速度也受其他因素影响，但其肯定与质量相关。功率和转矩也与速度相关，根据公式 (5.2)：

$$\text{功率 (马力)} = Fv/550$$

式中， F 为以磅为单位的力； V 为以英尺 / 秒为单位的速度。牛顿第二定律可重新表述为

$$a = (1/m) \times F$$

因为 $M=W/g(10)$ ， $F=(550 \times P)/v$ ，它们可代入以上公式，得出

$$a = 550(g/v)(P/W)$$

最后， a 和 V 可以相互交换得出

$$v = 550(g/a)(P/W)$$

式中， v 是以英尺 / 秒为单位的速度； W 是以磅为单位的车重； g 是万有引力常量 (32.2 磅 / 平方秒)，其他因数你都已经见过了。对于任意已知加速度来说，因为质量增加，速度就会下降，因为它们是成反比的关系。

➤ 重量影响续驶里程

续驶里程是由速度乘以时间得到的

$$D=vt$$

因此，

$$D=550(g/a)(P/W)t$$

所以重量再次出现在这个关系中。对于任意车载能量来说，如果车上负重减少，则会行驶得更远。在第 4 章我们就见过这个实际结果。

在我们进行电动汽车改装时，除了减轻不必要的重量这一主要任务外，还有两个与重量有关的因素必须要重视，即前后重量分配和 30% 法则。

➤ 减轻重量的同时要保持平衡

始终关注要使你的汽车的前后重量分布不变，并且不超过底盘和前轴 / 后轴载荷分布的技术要求。图 5-4 所示福特 Ranger 皮卡（在第 10 章中应用的改装车型）遇到的问题。你已经从发动机、燃油系统、排气系统、排放系统、起动系统和冷却 / 供暖系统去掉了 600 磅重量，但是还会增加 1400 磅重量回来，其中包括 1200 磅的电池（20 节，每节 60 磅）。你该怎样处理呢？

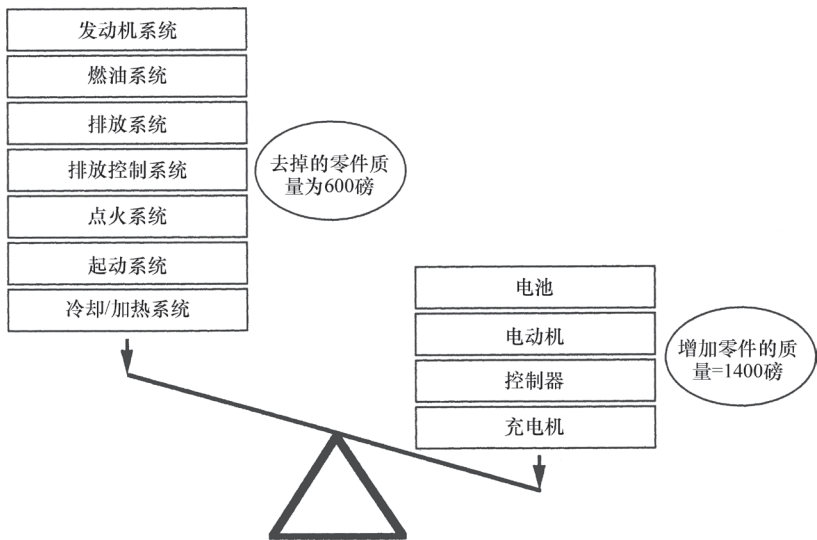


图 5-4 前后重量的分布

表 5-3 给出了答案。我们看到第一行中，3000 磅的车重通常有 60% 分布在前部（1800 磅），40% 分布在后部（1200 磅），并且其有效负载为 1200 磅。第二行表示去掉的大部分的重量都来自发动机舱——600 磅中有 500 磅来自前轴，100 磅来自后轴。秘诀就在于将增加的重量进行平衡分布，这由安装在前部发动机舱里的 4 节电池（大约 240 磅）和电动机、控制器和充电机来实现的。这样，前部增加了大约 400 磅的重量，

后部增加了大约 1000 磅的重量。第五行显示了结果，整備质量大约为 3800 磅，其中前后轴载荷分别为 1700 ~ 2100 磅，但是依然在车辆总重额定值、前/后轴载荷额定值、重量分布和有效载荷的技术参数范围内。而且，当你驾驶这辆汽车时，其展现的是与改装前一样的转向、制动和操作性能。

表 5-3 电动汽车改装重量对比

项目	整備质量 / 磅	前轴载荷 / 磅	后轴载荷 / 磅	有效载荷 / 磅
改装前的福特 Ranger 皮卡	3000	1800	1200	1200
更少的内燃机和系统零件	<600>	<500>	<100>	
改装前小计	2400	1300	1100	
加上电动汽车电池、电机等	1400	400	1000	
改装后的福特 Ranger 皮卡	3800	1700	2100	400
电池重量 (20 节，每节 6 伏，60 磅)	1200			
电池 / 汽车重量比	32%			

既然没有超出原型车辆的內燃机重量负载和重量分布的技术要求，那么其悬架和其他支持系统也不会产生改变。电动汽车底盘超载和內燃机汽车底盘超载一样不能接受，最好最安全的方案是换一个更大更重型的底盘。

附言：有些拥有者实际上更青睐于通过调整改装汽车的悬架和减振器，以获得更优异的操纵稳定性。

➤ 记住 30% 法则

在电动汽车改装中，30% 经验法则是一个非常有用的参考目标，也就是说当使用铅酸电池时，电池的重量应该占汽车总重量的 30% 以上。如果你要针对高速度和长续驶里程的目标进行优化的话，你将会想要做得更好。如表 5-3 所示，电池重量占整辆改装汽车总重量的 32%。如果你选择一个 144 伏电池系统的话（增加 4 节以上电池和 240 磅重量），比率就会上升到 36%（1440/4040）。从另一方面来讲（减少 4 节电池和 240 磅重量），96 伏系统的比率就会下降到 30%（960/3560）。如果减少更多的电池，就会变成 72 伏系统，比率就会下降到 22%（720/3320）。经验法则证明这是对的，因为你会对 72 伏系统很不满意，即便是 96 伏系统也只是勉强过关。

5.5 电动汽车流线型思考

直到最近，虽然大部分汽车工业的楔型设计外观很吸引人，但是却与空气动力学

的流线型原理大相径庭。看看自然界最常见的例子——落下的雨滴：前端是圆的，后端则逐渐变成锥形——最理性的空气动力学形状。此外，新型的自行车头盔也完美地遵循了这个原则。

尽管几十年来，飞机、潜艇和子弹头火车都在设计上借鉴了雨滴的形状，但是汽车工业的设计者们认为这种设计对于大众来说缺乏吸引力。动力强劲的内燃机使他们不用考虑空气动力学的问题，他们要考虑的是时尚。因为电池的密度功率仅为汽油的1%，所以在电动汽车中，你需要有空气动力学的意识。

在本节，我们将探讨空气阻力及其影响因素。

➤ 空气阻力的定义

笔者曾结识的一位电动汽车改装顾问 Mike Kimbell 总结的最好：“在以 30 英里 / 小时以下的速度行驶时，你可以将电动机安装在砖形汽车上，这与开普通车的感觉没有任何差异。”原因很简单：空气阻力根据速度的平方而变化。如果你不动的话，就不会有任何阻力。一旦你开始动，阻力立刻就产生了，并很快淹没所有其他因素。下面让我们详细了解一下。

空气阻力可以解释为以磅为单位的力， C_d 是汽车的空气阻力系数， S 是以平方英尺为单位的迎风面积， v 是以英里 / 小时为单位的速度。对已知速度求最小空气阻力，你必须将空气阻力系数和迎风面积最小化。

➤ 选择最低空气阻力系数

空气阻力系数与流线型、汽车周围的流场、形状固有的特性和改装汽车的设计有关。空气阻力系数在后来不会轻易受影响或改变，所以如果你想要实现优化速度或续航里程的目标，就必须在挑选改装车辆时将这一关键的因素牢记脑海。图 5-5 所示为不同类型不同形状汽车的空气阻力系数。

随着时间的发展，空气阻力系数明显降低——20 世纪 20 年代福特轿车的空气阻力系数约为 0.85，但是如今福特 Taurus 汽车的空气阻力系数仅为 0.32。80 年代晚期的典型轿车、载货车和厢式货车的空气阻力系数分别如下：

- 轿车：0.3 ~ 0.35
- 厢式货车：0.33 ~ 0.35
- 皮卡：0.42 ~ 0.46

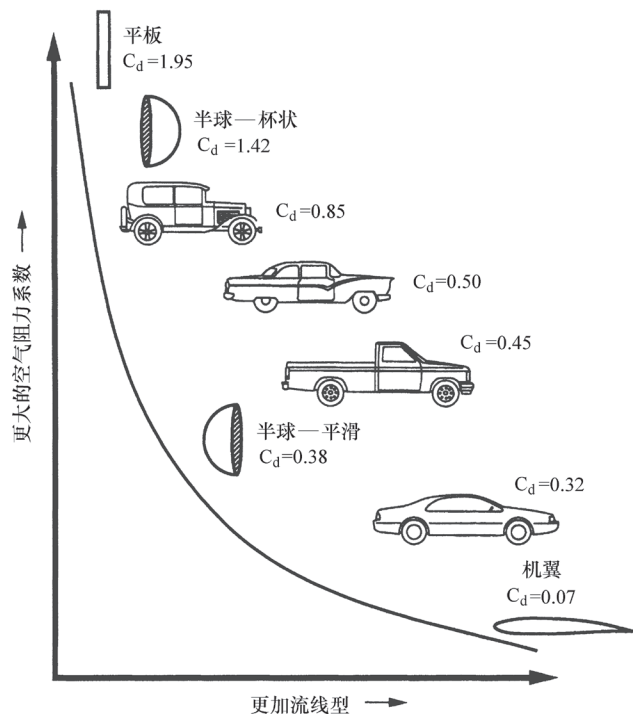


图 5-5 不同类型车辆的空气阻力系数，这些车离地间隙小，没有突起物，仅在发动机舱有两个小的开口

典型轿车的空气阻力系数从 20 世纪 50 年代的 0.5 下降到 70 年代的 0.42，直到今天的 0.32。但是，现代时髦的双人座敞篷跑车阻力系数仍然为 0.6。这是因为阻力不仅仅与流线型有关，还与空气扰动密不可分，而敞篷跑车的窗户、驾驶室和行李箱区域都是敞着的，这都会导致空气扰动。

表 5-4 所示为 20 世纪 70 年代老式汽车不同区域对汽车空气阻力的贡献度。与我们所想的的不同，汽车尾部区域对整车空气阻力的贡献度超过 33%，紧随其后的是轮罩，占 21%，车身下部占 14%，车身前部占 12%，凸起物（也就是后视镜、挡水条和车窗凹槽处）占 7%，发动机舱和汽车表面摩擦均占 6%。

表 5-4 20 世纪 70 年代典型老式汽车的不同部位对整车空气阻力的贡献

汽车部位	C _d 值	对空气阻力的贡献度 (%)
车身—后部	0.14	33.3
轮罩	0.09	21.4
车身—上部	0.06	14.3
车身—下部	0.05	11.9
凸出与凹陷区域	0.03	7.1
发动机舱	0.025	6.0
车身—表面摩擦	0.025	6.0
总计	0.42	100.0

日产公司将在巴塞罗那生产纯电动厢式货车

电动汽车 NV200 项目将于 2013 年启动

- 纯电动汽车 NV200 将于 2013 年全面投产
- 日产公司的第二款纯电动汽车计划在巴塞罗那工厂生产
- 日产公司将在西班牙投资 1 亿欧元
- 日产公司及其西班牙供应商将创造 700 多个工作岗位
- 多功能汽车为家庭和商务提供独特的驾驶体验
- 车内功能和载货容积与现有 NV200 汽车相同

日产公司宣布将于 2013 年在巴塞罗那工厂生产纯电动紧凑型厢式货车 e-NV200。这一新车型将基于现有获奖汽车 NV200 进行打造，并将成为日产公司在全球轻型商用汽车市场投放的一款重要的创新型产品。

e-NV200 将成为日产公司继 2010 年推出 Leaf 汽车之后的第二款纯电动汽车，也强调了该公司长期致力于零排放车辆的目标。这款由日产公司在西班牙投资 1 亿欧元生产的新车型有望在其工厂和本地供应商基地创造约 700 个新岗位。

巴塞罗那作为 e-NV200 的独立生产基地将面向全球市场，突出了日产西班牙公司与日俱增的工业生产竞争力。

这款 e-NV200 将为商业和家庭提供多功能的大容量车内空间，并保持 NV200 的实用特征和 Leaf 先进的驱动部件。这使其拥有和 Leaf 一样的单次充电续驶里程和性能，以及低廉的驾驶和保养成本。

日产公司执行副总 Andy Palmer 说：“e-NV200 代表了商用汽车的一次真正的突破，也强调了日产公司在电动汽车领域的领先地位。这款新车将提供传统紧凑型厢式货车所有的好看、多功能、实用等性能，同时具备电动汽车零碳排放特征和非凡的驾驶体验。关键是其低廉的驾驶和保养成本对商务和家庭非常有吸引力。”

e-NV200 也将为日产公司实现到 2016 年成为全球最大的低碳车辆制造商作出重要贡献，这也是“日产动力 88 计划”的重要一环。

Andy Palmer 说：“e-NV200 代表了我们在商用汽车领域一个大胆的创新，商用汽车产业已成为所有汽车制造商开辟最广泛的领域。我想向政府的支持致以谢意，感谢他们对日产公司的不懈支持，也祝贺巴塞罗那获得生产这款汽车的权利，它将成为日产公司在全球非常重要的车型。”

NV200 已经达到 10 万辆销售规模，其受欢迎的程度将使其入选下一代纽约“未

来出租车”。

当前，欧洲正开展基于 NV200 为原型的电动汽车的密集的评估。未来几个月将进行试验，通过苛刻的使用方式来为实际交通行驶提供反馈意见，反馈结果将帮助日产公司满足客户的确切需求。

➤ 相对风速对空气阻力的影响

空气阻力通常是在 60°F 和 0.1MPa 气压下，在稳态空气中测量的，这对于大部分计算来说通常都是充分假设。但是，很少存在稳态空气，所以在空气阻力计算中应将相对风速造成的额外阻力因素考虑进来。

这是施加在车辆上的额外空气阻力。公式定义了相对风系数，这里， w 为平均风速（英里 / 小时）， v 为汽车速度，对于典型的轿车车型来说相对风系数约为 1.4，对于大多数流线型汽车来说约为 1.2，对于开着车窗行驶的轿车或形成较大气流的汽车来说约为 1.6。

表 5-5 所示为在 7 种车速下计算得出的 3 种相对风系数，这里假设美国的平均风速为 7.5 英里 / 小时。

表 5-5 在不同车速下计算的 3 种相对风系数

比较值	平均系数 C_{rw}	系数 C_w 风速 =5	系数 C_w 风速 =10	系数 C_w 风速 =20	系数 C_w 风速 =30	系数 C_w 风速 =45	系数 C_w 风速 =60	系数 C_w 风速 =75
风速 /（英里 / 小时）	风速 =7.5	风速 =5	风速 =10	风速 =20	风速 =30	风速 =45	风速 =60	风速 =75
针对多数流线型车型	1.2	3.180	0.929	0.299	0.163	0.159	0.063	0.047
针对多数轿车	1.4（轿车平均值）	3.810	1.133	0.374	0.206	0.185	0.082	0.062
针对多数开车窗行驶或气流较大车型	1.6	4.440	1.338	0.449	0.250	0.212	0.101	0.076

➤ 你可以利用的空气阻力数据

表 5-6 中将实际汽车的空气阻力系数 C_d 与迎风面积 A 值放在一起，并计算出 7 种车速下不同的空气阻力值。表中可见小型轿车的空气阻力值最小，小型皮卡空气阻力值最大，但是小型轿车可能没有足够的空间容纳电池，以达到所需性能要求。并且尽管跑车的迎风面积小，但是其空气阻力值与皮卡差不多。将表 5-5 和表 5-6 应用于你的电动汽车上，从表 5-6 中选出你的车型，然后用对应车速下的相对风系数乘以阻力值。例如，3800 磅福特 Ranger 皮卡以 30 英里 / 小时的速度行驶时，其空气阻力值是 24.86 磅力，然后乘以表 5-5 最下面一行的相对风系数 0.25，得出 6.22 磅力，那么最终空气阻力值为 24.86+6.22=31.08 磅力。

表 5-6 相关参数

汽车	C_d	A	风速 = 5 英里 / 小时	风速 = 10 英里 / 小时	风速 = 20 英里 / 小时	风速 = 30 英里 / 小时	风速 = 45 英里 / 小时	风速 = 60 英里 / 小时	风速 = 75 英里 / 小时
小型轿车	0.3	18	0.35	1.38	5.52	12.43	27.97	49.72	77.69
大型轿车	0.32	22	0.45	1.80	7.20	16.20	36.46	64.82	101.28
厢式货车	0.34	26	0.57	2.26	9.04	20.35	45.78	81.39	127.71
小型皮卡	0.45	24	0.69	2.76	11.05	24.86	55.93	99.44	155.37
跑车	0.6	18	0.69	2.76	11.05	24.86	55.93	99.44	155.37

➤ 改善尾部气流

如果你看过风洞试验录像的话，你会发现大部分测试汽车的尾部存在涡旋区或紊流区。

船的尾部和宇宙飞船头部的形状与雨滴相似，是较理想的造型，但是这在汽车上很难达到，没有现成的底盘设计能帮到你，但是你可以通过减小后窗倾角的方法来加以改善。就像我们在表 5-4 中所见，车身尾部形成约 33% 的阻力，所以在这部分进行任何改造都会事半功倍。在皮卡的实际案例中，装上轻量化、流线型的房车外壳将是你的首选。安装有流线型房车外壳的皮卡与旅行车的外形很相似。下一个选择就是在货箱上加一个顶盖。如果这不可行，可以放下后挡板，也可以用一个货网或钢丝网代替后挡板，或在不影响其他功能的情况下直接去掉后挡板。

➤ 改善轮罩和车身底部气流

下面我们关注一下车轮和轮罩区域。表 5-4 显示轮胎和轮罩区域造成的空气阻力占整车空气阻力的 21% 左右，所以在这里进行小的流线型改造将会达到比较好的效果。使用光滑的轮罩、较窄的轮胎和后轮罩，以及不用挡泥板、降低车身高度，都是立竿见影的方法。任何能减少阻力或紊流的细微的改变都是好的。

下一个明显的区域就是车身底部。表 5-4 显示这一部分空气阻力约占整车的 14%。解决方案很简单：把发动机舱底部盖起来。

在发动机舱里不再有笨重的内燃机零件，所以用轻量化的材料将整个敞开区域盖起来即可。你可能仍然要用一个变速器，另外还有转向 / 悬架等零件需要处理，所以可能需要好几块材料。不管你采用什么材料，都不会想用太薄的材料来对付湍急的气流，所以要选择厚一些的材料消除这种可能性，并且将材料牢固地固定在底盘上。

采用尽可能轻量化的材料使从车头底部后方到防火墙区域底部都尽量光滑。完全流线型的底部可以减少阻力和紊流，只会有益无害。

➤ 阻止和 / 或改善前部气流

正如我们在表 5-4 中看到的，车身前部和发动机舱一起形成了将近 18% 的空气阻力。当你购买改装底盘时，不能对车辆本身继承下来的阻力做明显的改变，但是可以替换或盖住前部气流入口，进而堵住进入发动机舱的气流。电动汽车不像内燃机汽车一样需要吸入大量的空气来为散热器和发动机舱供应冷气流，所以你对车头进行的任何流线型改造都是可取的，目标就是用最轻的重量实现最大的流线型效果。如果你喜欢的话，可以采用现代汽车的一些塑料或复合材料的改装件。

空气进入改装的电动汽车的发动机舱会产生空气紊流进而产生负面影响，所以在进气格栅后部用轻量化材料（如铝）板堵住进来的空气很有用。不管你采用什么材料，都要保证其足够重，固定得足够牢固，当遇到气流时不会弯曲、褶皱或颤动。当然也别忘了给你的电动机冷却风道留一个小的开口。

5.6 开始上路

正如电影《雷霆壮志》中所言：“轮胎是制胜的关键。”如今的轮胎胎面较宽，不具备低滚动阻力特性，但是附着力较好。作为一名电动汽车拥有者，你必须打破当前的轮胎设计理念，实现更好的性能。

在本节中，你将会在图 5-1 “滚动阻力”一行中看到如何从窄轮胎中获得最大受益。

➤ 滚动阻力定义

汽车重量在这里是影响汽车轮胎摩擦力的一个因素。滚动阻力系数可以认为是一个常量。对于 5000 磅以下的典型电动汽车，其数值大约是：

- 在坚硬的表面（混凝土）为 0.015
- 在中等硬度的表面为 0.08
- 在柔软的表面（砂质）为 0.30

➤ 注意你的轮胎

轮胎对于电动汽车拥有者来说很重要。它们支撑汽车和电池重量的同时还对外部

撞击进行缓冲，加速和制动时提供纵向作用力，转弯时提供侧向作用力。今天的轮胎几乎都是子午线结构。通常，一个轮胎会有一个或多个钢带层围绕。轮胎的主要参数包括轮辋宽度、轮辋型号、截面宽度、截面高度、高宽比、外径尺寸及负载和最大胎压。此外，轮胎轮辋协会给出轮胎命名标准如下：

- 5.6×15（经典大众甲壳虫轿车）斜交轮胎——5.6 表示其截面宽度为 5.6 英寸，15 表示其轮辋为 15 英寸。
- 155R13（经典本田 Civic 轿车）子午线轮胎——155 表示其截面宽度为 155 毫米，13 表示其轮辋为 13 英寸。
- P185/75R14（经典福特 Ranger 皮卡）公制子午线轮胎——P 代表是乘用车，185 表示其截面宽度为 185 毫米，75 代表高宽比，R 代表是子午线轮胎，14 表示轮辋为 14 英寸。

如今改装一辆汽车就意味着利用手头现有的资源。任何一个固特异轮胎的销售商都会给你提供固特异 Decathlon 系列轮胎的参数表。这是全天候子午线轮胎的实惠选择，并且能满足大多数电动汽车拥有者的需求。（提示：滚动摩擦力低的轮胎也是不错的选择。）

新轮胎的计算值要比测量值稍低一些，但随着胎面的磨损，你就会看到轮胎直径会减少 0.4 ~ 0.8 英寸，也就意味着每英里旋转的圈数会有所增加。每转 900 圈可能会增加 30 圈——大约是 3%——但是如果这一数据对你的计算很重要，那么就测量一下轮胎的实际周长。

电动汽车轮胎最好是像摩托车轮胎一样，细（与路面接触少）、坚硬（摩擦力小）、直径长（每英里旋转次数少，因此拥有更长的英里数和使用寿命）。滚动摩擦力受材料、负载、规格和宽高比影响。

在传统轮胎滚动摩擦力公式中，变量一般是轮胎压力、车速、轮胎温度和负载。

➤ 使用子午线轮胎

子午线轮胎如今几乎无处不在，所以轮胎构造不再是一个因素。但是，你可能会买一个旧底盘，上面没有子午线轮胎，所以最好确认一下，因为斜交轮胎在滚动摩擦力、车速、轮胎温度和轮胎压力上远不及子午线轮胎。

➤ 使用高轮胎压力

虽然你担心出现爆裂，不想轮胎压力过大，但也没有理由不使轮胎充分膨胀以满

足行驶需求。上限是路面摩擦力传送给你的不适感等级。坚硬的轮胎是不错的选择，唯一的忠告是不要让轮胎超载。

➤ 制动阻力与转向磨损造成的滚动阻力

除了轮胎以外，滚动阻力还来自制动阻力和转向以及悬架定位造成的磨损。制动阻力是二手汽车比新汽车占优势的另一个原因——制动阻力随着汽车的使用逐渐消失。悬架定位则是另一种情形。在最坏的情况下，它就像在你进行 90° 转弯时拖着你的另一只脚。你想检测一下并确定是否前轮定位在制造范围等级内。不过这都不能造成多大的滚动阻力：制动阻力系数可以估算为一个常量 0.002，转向 / 悬架阻力估算为常量 0.001。将它们加起来为 0.003——或者一辆 1000 磅汽车的额外 3 磅质量。

➤ 你可以用到的滚动阻力数据

在大多数情况下，混凝土的额定滚动阻力是 0.015，同时额定制动和转向阻力为 0.003，那么加起来总共是 0.018。这对于一辆 1000 磅的汽车来说就产生了 18 磅力的滚动阻力。在第 10 章中提到的 3800 磅的福特 Ranger 皮卡可能就会产生 68.4 磅力的滚动阻力。该皮卡以 30 英里 / 小时的速度行驶时，其空气阻力为 31.08 磅力——比 68.4 磅力的滚动阻力的一半还要低。

图 5-6 所示为该皮卡以不同速度产生的空气阻力和滚动阻力。这两个力与加速阻力或爬坡阻力合起来就构成了驱动力或道路负载。

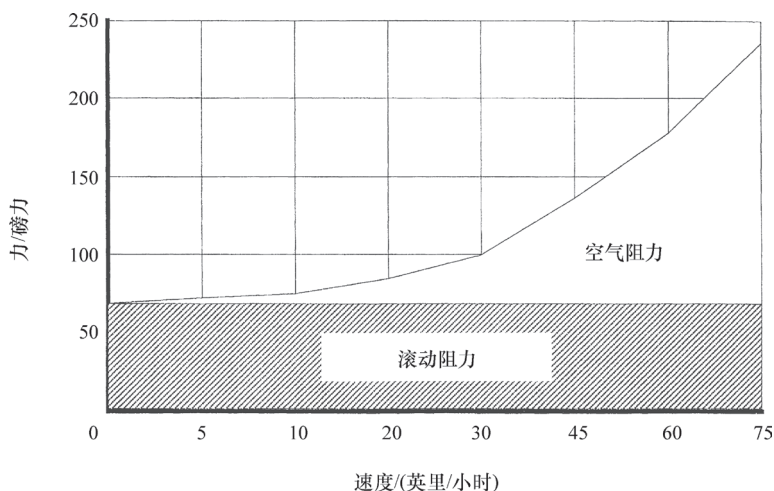


图 5-6 不同速度下的滚动阻力和空气阻力

5.7 对传动系统来说，少即多

在本节，你将看到图 5-1 所示的传动系统相关部件，并看到如何从你选择的内燃机汽车传动系统零件中收效最多。任何汽车的传动系统都是将动力转化给车轮和轮胎的重要组件。问题就在于电动机与内燃机相比，传动系统会有所不同。本节将讨论基本零件，包括电动机与内燃机不同的性能参数、讨论传动齿轮的选择，考虑自动挡与手动档、新车与二手车、重量化与轻量化在传动系统效率上的折中方案。

➤ 传动系统

首先让我们看看传动系统在传统内燃机汽车中必须完成什么使命。在实际情况中，内燃机的输出功率必须能克服任意速度下的牵引阻力。传动系统的明显使命就是以最低损耗和最高效率利用内燃机功率驱动车轮和轮胎。但是总体来说，传动系统必须完成一系列任务：

- 将内燃机转矩和速度转化为汽车运动 / 牵引力
- 改变方向，能使车辆前进或后退
- 转弯时允许车轮存在不同的转速
- 克服斜坡
- 最高的燃油经济性

图 5-7 所示传动系统如今大多用来完成这些目标。每一个零件的功能如下：

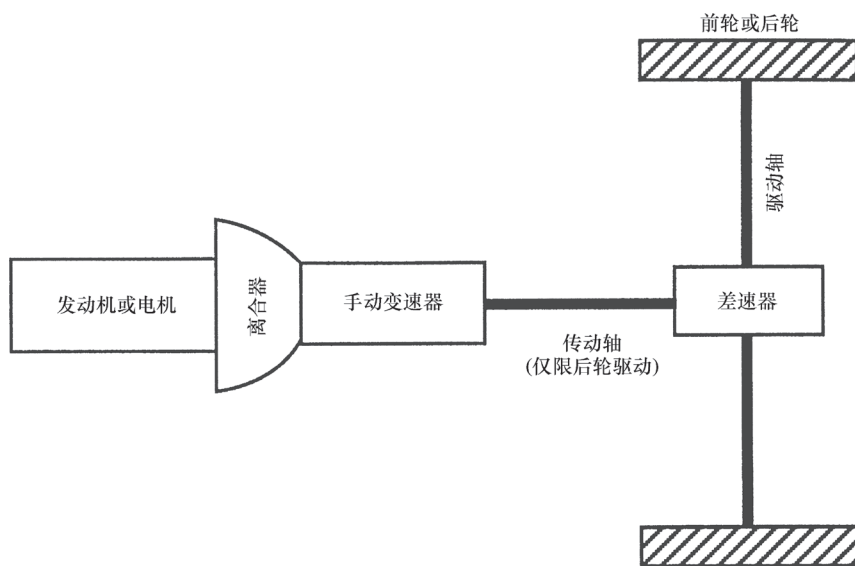


图 5-7 电动汽车传动系统简图

- **发动机（或内燃机）**——为驱动车辆提供原始动力
- **离合器**——对内燃机来说，隔开或切断发动机功率以使变速器实现换挡，一旦接合，汽车就能从静止迅速达到最高速度
- **手动变速器**——为发动机提供一系列可供选择的速比，这样能满足汽车的各种需求——在爬坡时可达到最大转矩或最低车速，在巡航时达到最高速度
- **传动轴**——在后轮驱动的汽车中将车轮与变速器连接前驱车中不需要
- **差速器**——当汽车在转弯时，满足外侧车轮比内侧车轮行驶里程长的要求，在后驱车中使力的传递方向改变 90 度（前驱车中根据发动机安装方式不同可能有的需要，有的不需要）。大多数差速器还可以实现降低转速增加转矩的功能
- **驱动轴**——将功率从差速器传送至车轮。如表 5-7 所示，如今的传动系统效率可达 90% 以上（前轮驱动的汽车效率更高）

表 5-7 前轮驱动与后轮驱动效率对比

传动类型	手动变速器	传动轴	差速器	驱动轴	整体效率
前轮驱动	0.96	不需要	0.97	0.98	0.91
后轮驱动	0.96	0.99	0.97	0.98	0.90

内燃机汽车的传动系统可为电动机替换内燃机提供一切运行条件以及相关零部件来驱动汽车。但是，传动系统的零件对于电动汽车拥有者来说通常都过分了，这与内燃机和电动机不同的特性和额定条件有关。

5.8 电动机与内燃机技术参数的不同

电动机与内燃机的对比并非同类比较。如果有人为你提供相同额定功率的电动机或内燃机，那么就请选择电动机，因为它强大得多。并且，串励电动机在启动时（0 转 / 分钟）就能产生最大扭矩，而内燃机只有在旋转起来时才能产生扭矩。

电动机与内燃机是如此不同，因此我们在深入讨论之前，有必要进行简要的术语对比。电动机与内燃机的额定功率标定有很大不同。图 5-8 的目的是表明同等额定功率下的电动机比内燃机功率要大得多。

所有的内燃机都以额定转速下的最大扭矩和最大功率评定等级。内燃机最大马力额定值是在实验室理想状态下得出的（发动机没有安装附件），这就是为什么额定功率点是高于发动机功率曲线上的最大值。如图 5-9 所示，电动机的额定功率远低于低速输出功率。在表 5-7 里，低速输出马力比持续输出功率高出 2 ~ 3 倍。

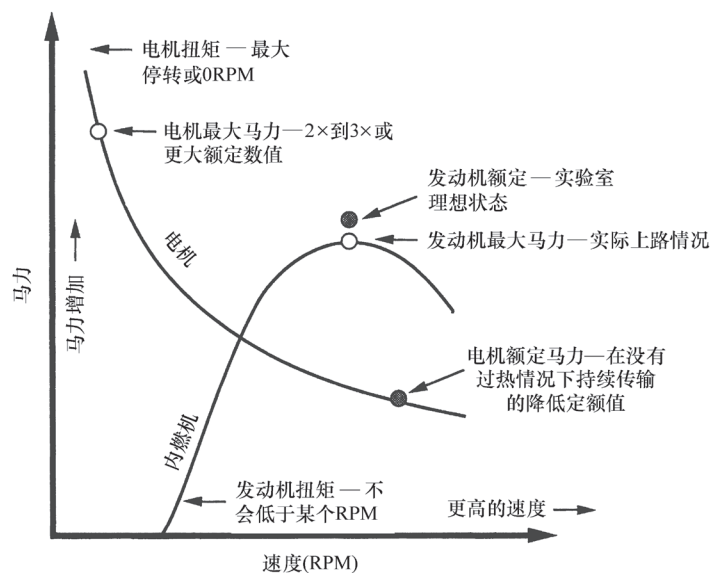


图 5-8 电动机与内燃机特性对比

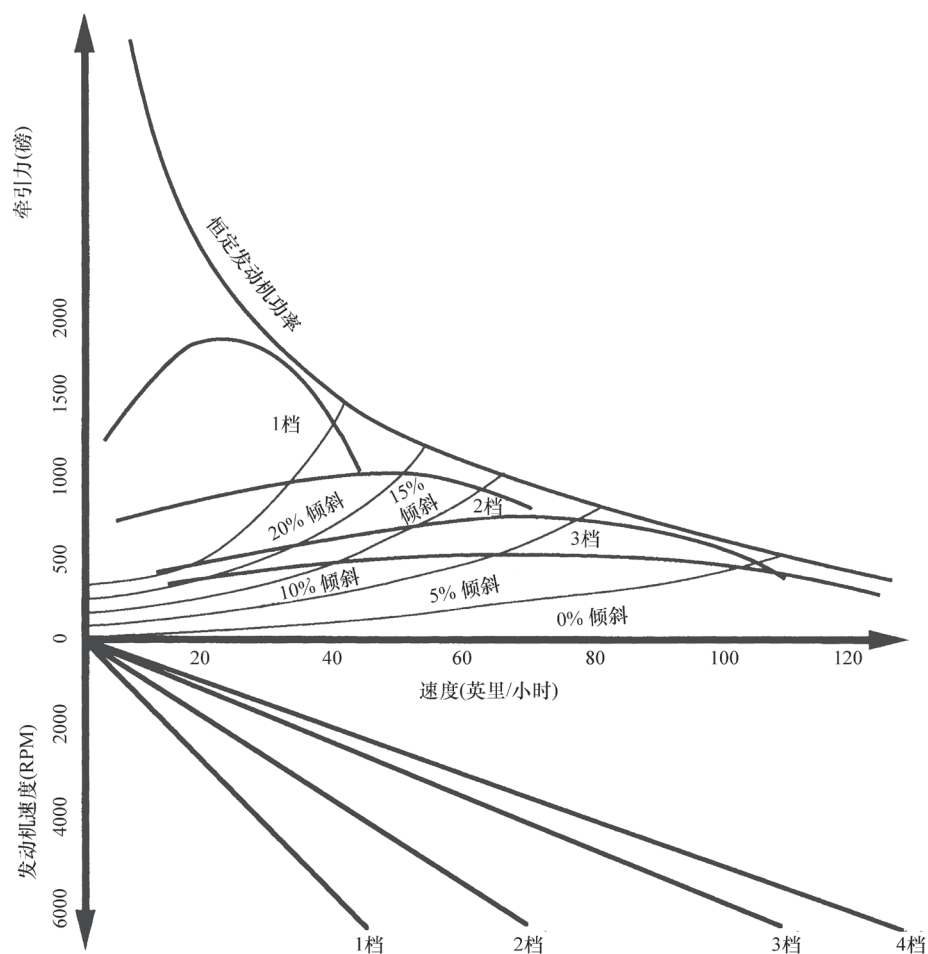


图 5-9 传动齿轮比、速度与功率简图

还有一处大不同、电动机在速度为 0 时也能产生高转矩，而内燃机在达到特定速度前只产生负转矩。因此电动机可以直接附着于驱动轮，并在没有离合器、变速器或液力变矩器的情况下驱动汽车，这是内燃机所无法做到的。

宝马 ActiveE 稳定性控制

对于汽车来说，操控与行驶同等重要。宝马 ActiveE 动态稳定性控制系统已然适应于电驱动系统（图 5-10）。冠以“再生稳定性管理”之名，其与电动机管理系统和制动能量回收系统一同在任何减速情况下自动进行安全操控。

宝马 ActiveE 是为性能而生的。但是并不是所有的性能都与速度相关。与没有制动能量回收系统相比，它可以跑得更远——大概远 20%。

宝马 ActiveE 的加速踏板更像一个速度控制器——你只需用一只脚就能加速或减速。当驾驶人放松加速踏板时，制动回收系统则被激活，将动能转化为电能，反馈给电池。在这一过程中，电动机产生制动转矩来通过后轮有效减缓汽车速度。在大多数日常行驶中，约有 75% 的减速不用通过制动踏板来实现——这样既提高了能量效率，又大大延长了制动零件的寿命。

对于电动机来说，控制输入电流就能控制一切。而内燃机却只能以相对较窄的变速范围传递峰值转矩，并且需要变速器和不同的齿轮速比才能以较宽的变速范围传递功率。电动机可以在没有变速器的情况下以较宽的变速范围传递功率。

所有这些元素意味着电动汽车改装车或汽车公司可以在内燃机汽车传动系统上减轻负载，将来的电动汽车改装车可以减少诸多传动系统零件。

下面我们简要总结一下：

- **离合器**——尽管基本上没用到，但是离合器在如今的电动汽车改装车上却很值得拥有，因为其前端便于你接触到电动机，后端也已与变速器良好配合。简而言之，它免除了制造适配器的的工作。未来，交流电动机及控制器将代替复杂的机械传动系统，电动机可以直接与轻量化的简化的单向一档或两档变速器耦合，而不再需要离合器
- **变速器**——未来，交流电动机及控制器的广泛使用将不再需要大量的机械齿轮来获取你所需要的转矩和速度。今天的变速器将有望被高度简化（更加可靠）的机械装置所替代
- **传动轴 / 差速器 / 驱动轴**——这些零件在今天的电动汽车改装车上都完好地保留下来



宝马 ActiveE 的技术参数



车身	
车门 / 车座	2/4
长 × 宽 × 高 英寸 × 英寸 × 英寸	171.65 × 68.82 × 56.6
轴距 / 英寸	104.7
轮距 (前 / 后) / 英寸	58.03/59.33
转弯半径 / 英尺	35.1
变速器油 (包括驱动轴)	永久加油
空载质量 / 磅	4001
最大负载 / 磅	739
最大质量 / 磅	4740
行李厢容量 / 升	200

底盘	
前轮悬架	双叉臂前悬架
后轮悬架	五连杆后悬架
前轮制动	通风盘式制动器
直径 / 英寸	11.8
后轮制动	通风盘式制动器
直径 (英寸)	11.8
行驶稳定系统	ABS、CBC、DSC
转向	电动助力转向
转向比	14.4 : 1
重量分布	前 49/ 后 51
轮胎	205/55R16 紧急行驶性能 / 滚动优化

发动机	
类型	电机
电动机类型	同步电动机
输出 / 千瓦 (千马力)	125/170
转矩 / 牛米	250
最大转速 / (转 / 分钟)	12000

高压电气系统	
电池容量 / 千瓦时	32
电池系统重量 / 磅	992.1
电池充电时间 (240 伏 /32 安, 7.7 千瓦)	4 ~ 5 小时
电池数量	192 节 40 安时电池
电池冷却方式	水冷
电池位置	油箱、中央通道、前围
最大电流 / 安	400

性能额定值	
功率重量比 DIN/ (千克 / 千瓦)	9.76
0 ~ 62 英里 / 小时加速时间 / 秒	9
最高速度 / (英里 / 小时)	90
FTP72 续驶里程 / 英里	150
工况续驶里程 / 英里	100

能量消耗 (FTP72)	
总计 / (千瓦时 / 英里)	0.19
CO ₂ 排放 / (克 / 英里)	0

图 5-10 宝马 ActiveE 技术参数

5.9 齿轮比

传动系统的速比与差速比相结合共同调整内燃机的功率和转矩使其适应爬坡时所需的最大转矩或巡航时的最大经济性需求。请注意，你的选择与发动机的转速范围有关。通常，总速比满足以下等比数列：一档 / 二档 = 二档 / 三档等。每个档位分别进行优化用于汽车起步（一档）、正常行驶（二档或三档）和燃油经济性（四档或五档）。表 5-8 所示为这些速比如何在一辆量产汽车上得到体现——1989 福特 Taurus SHO 车型图 5-11 中的新款福特 Taurns SHO 车型有所不同，但是大部分还是一样的。我在 4 月份时曾体验过其 2013 款车型。

表 5-8 福特 1989 款 Taurus SHO 和 1987 款 Ranger 皮卡变速器速比对比

档位	1989Taurus SHO 总速比	与下一档速比之间的比值	1987 Ranger 皮卡变速器速比	1987 Ranger 皮卡差速器速比	1987 Ranger 皮卡总速比
1 档	12.01	1.5	3.96	3.45	13.66
2 档	7.82	1.5	2.08	3.45	7.18
3 档	5.16	1.35	1.37	3.45	4.73
4 档	3.81	1.35	1.00	3.45	3.45
5 档	2.79	N/A	0.84	3.45	2.90



图 5-11 在波特兰市展出的一辆 2013 款福特 Taurus SHO 汽车

请注意前两档速比之间的比值是 1.5，而后两档速比之间的比值是 1.35。图 5-8 也列出了 1987 款福特 Ranger 皮卡传动齿轮速比、差速比以及总齿轮比。在后面的设计环节中将应用这些数据。请注意，Ranger 皮卡与 Taurus SHO 汽车相比，速比在一档和五档较高，中间档位较低，这也反映了轿车与载货车设计的不同。

➤ 自动挡与手动档

前面的传动系统讨论有意避开了自动挡，原因很简单：电动汽车需要效率，而自动挡极其低效。还有一个更好的理由——即使利用现成的零件，你也不会用在电动汽车上换同样多的档位。如果你只是在城区开车，那么可能仅会用到一两个档位。你只需把电动汽车调到所需的档位，然后开起来。这也远远不需要离合器。记住，当你行驶到路口等红灯时，电机甚至是不工作的。

两个普通的家用电风扇可以展示自动变速器使用的液力变矩器的工作原理。将它们面对面距离 2 英尺放置，打开其中一个风扇，则另一个也会随其旋转。自动变速器使用的是传动液，而不是空气作为耦合介质，但是原理是相同的。自动变速器的最大效率是 80%，当内燃机速度或汽车转矩等级降低时效率还会降低。自动变速器还与特定的内燃机属性相匹配——这与电动机完全相反。简言之，需要选择一款带有离合器和手动变速器的车型进行改装。

➤ 使用二手传动系统

这对于追求效率的电动汽车改装者而言有一个意外的惊喜，因为经过长时间的行驶，传动系统的磨损损失降到了最小。另外，二手轮胎的滚动阻力较小，制动阻力随着制动鼓和制动衬片变得光滑而降低，油脂密封也随着一段时间的磨损阻力变小，这样二手汽车的滚动和传动系统阻力有望比一辆崭新的汽车低 20%。而且二手汽车费用更低。如图 5-12 所示，TurnE 改装车使用汽油款 Smart 轿车的旧传动系统真是一个意外惊喜。

➤ 轻重传动系统对比和润滑液

追求效率的电动汽车改装者应该避免自动变速器、超大号驱动轴、变速器、离合器以及任何会增加重量、降低效率的零件。即使是基于手动变速器的传动系统，当工作在远小于变速器最大设计转矩的工况时（这是电动汽车的常用工况），也会产生较大

的能量损失。所以在购买的时候就最好选用发动机较轻的手动档汽车。早期的老款车型较为合适，因为生产商会在后续的车型中不断引进高性能的零部件。



图 5-12 TurnE 改装车的传动系统

所有这一切的推论就是你所选用的润滑液。在差速器里使用低黏度的润滑液将使一切变得容易得多。你无须打破任何规则。不需要使传动系统输出 500 马力的功率，恰恰相反，你选用的电动机只需达到替换下来的内燃机 10% 的峰值转矩就可让电动汽车正常行驶。你使用的峰值转矩降低了，并且可能不再经常用到它。结果是，电动机只让传动系统承受最低负载，你可能仅仅使用了传动系统 50% 都不到的设计性能。齿轮磨损减少意味着你可以使用低黏度的润滑液，并提高效率。

5.10 设计你的电动汽车

这是第二步。首先看看你的蓝图。在购买、制造和改装之前，想好你的电动汽车的主要使命是什么：成为高速赛车在比赛中轻而易举地超过对手，成为续驶里程较远的汽车在电动汽车协会的赛事中获胜，还是成为介于二者性能之间的多功能通勤工具，方便你上班或购物。电动汽车的重量是任何设计都要考虑的头等要事，但是加速性能和续驶里程对设计方法和速比的要求是不同的。如果你想要一辆多功能通勤车辆，那么则需要在优化底盘灵活性时把高速通勤和皮卡牵引的特性都保留一些。

即使宝马 ActiveE 是一辆纯电动汽车，其车身风格也是基于宝马 1 系轿车设计的。

继承了纯种宝马基因的 ActiveE 以其高度的灵活性为用户提供了十足的运动感。从其与众不同的发动机盖到独具特色的后挡板，全新的宝马 ActiveE 拥有每一款宝马车型所享有的低重心特性。通过该车型宝马 1 系轿车的特征与电驱动实现了完美结合。

在本节，你将了解如何将电动机传动系统与车身风格结合起来，具体有以下步骤：

- 知道何时使用马力、转矩和电流单位及其原因
- 看一下计算概述
- 确定所选汽车底盘的转矩需求
- 确定所选电动机和传动系统的转矩性能

以上所述的设计步骤可以无限应用于你想购买、制造或改装的任何电动汽车上。

➤ 功率、转矩与电流

让我们从几个基本的概念开始。功率是做功的速率。用 1 马力可以在 1 秒钟内将 550 磅的重物提高 1 英尺。但是，第二个公式与力、速度相关，这可以用你更熟悉的术语来阐释功率。用 1 马力可以以 10 英里 / 小时的速度移动 37.5 磅的重物。你也同样可以用 1 马力以 7.5 英里 / 小时的速度移动 50 磅的重物。第一个例子可以描述将一辆汽车在一个斜坡上向前移动所需要的力；第二个例子描述的是将同一辆汽车向上移动所需要的力。马力等于力乘以速度，但是需要详细说明所指的力和速度。例如，我们已经得知 146.19 磅是 3800 磅皮卡以 50 英里 / 小时的速度行驶产生的总阻力。下式将车轮所需的实际功率作为速度与所需牵引力的函数：

$$\text{功率 (马力)} = (146.19 \times 50) / 375 = 19.49 \text{ 马力或将近 } 20 \text{ 马力}$$

这样车轮仅需要 20 马力，来驱动皮卡以 50 英里 / 时的速度在无风情况下沿着平路行驶。

实际上，一台额定功率为 20 马力的电动机很容易驱动一辆 4000 磅的皮卡——这可能会使有些人很吃惊，因为同样情况下内燃机的额定功率需达到 90 马力或 120 马力。

关键是使你自己适应以力值为单位思考，这相对功率值来说较容易确定一些。另一个关键点是使用电动机的时候从电流的角度思考。电流直接与电动机转矩相关。你可以利用转矩 - 电流的关系直接将机械世界与电气世界相连。

➤ 计算概述

请注意计算的开端就是所需要力值的终端。一旦你知道给定车速下施加在自己汽

车底盘上的力，那么剩下的就简单了。首先确定这些值，然后代入电动机和传动系统的值，不管是 100 英里 / 小时的轿跑、20 英里 / 小时的经济型轿车还是 50 英里 / 小时的多用途汽车。下面我们以 50 英里 / 小时的皮卡作为案例。

简言之，一旦你浏览了本节的公式、表格和绘图，并代入自己的数据，你会发现这个过程非常简单。整个过程就是为了给你提供可以快速使用的图形结果，来看看所选的电动机和传动系统在不同车速情况下如何满足汽车转矩的需要。如果你的电脑有电子表格程序，你可以立即建立表格，然后在几秒钟内输入任何参数得到图形结果。

用公式的形式来表达即：

有效的发动机功率 = 所需牵引阻力

功率 = (加速度 + 爬坡 + 滚动 + 牵引 + 空气) 阻力

在本章你已经确定了以上每个阻力值。在稳定速度行驶情况下，加速度为 0，所以不存在加速阻力。这是你在滚动阻力项后遇到的牵引阻力或道路阻力，并为图 5-6 中福特皮卡绘制的图形。你需要在多个候选车速下确定这个力，然后加入加速阻力和爬坡阻力。如果你想起来加速阻力相当于 1 秒内从 1 英里 / 小时加速到 6 英里 / 小时所需的爬坡阻力的话，那么这就很简单。

你现在可以计算你的电动汽车电动机的所需功率了。在公式中代入转矩值、速度值以及每英里的旋转数（基于你的车辆轮胎的直径），就能得到电动机的所需功率。

在选好你的电动机之后，制造商通常会给你一张图或表格，标示出额定电压下对应于不同转速的转矩和电流。你能从这些数据和曲线中，得到电动机对应于额定马力的转速。

运用这些电动机转矩值和转数值，便能用后面的公式计算出传动系统中不同速比情况下的车轮转矩和汽车速度。

现在我们得到了不同传动系统速比情况下的可用转矩和车速曲线。只用在同一网格中绘制所需转矩数据和可用转矩数据了。看一眼图形你便知自己是否得到了所需要的东西。

➤ 所需转矩表格

你在前面已经遇到了所有计算水平阻力的值，但并不在同一张表格中。现在将其转换为转矩值，并计算出从 5% ~ 25% 坡度所需的力和转矩的新值。这些值都与速度 1 秒内从 1 英里 / 小时加速到 5 英里 / 小时的加速阻力相对应，并且可以互换。如果你

► 可用转矩表格

代入 Ranger 皮卡 (P185/75R14 轮胎) 的实际数据, 并使用所需转矩表格中速度为 50 英里 / 小时的转矩值。

这些都与额定功率为 22 马力的 FB1-4001 直流电动机的性能完美对应。从制造商的转矩 - 速度曲线以及 120 伏电压得到：

这台电动机在转数为 4600 转 / 分钟、转矩为 25 磅英尺、电流为 170 安时产生了将近 22 马力。再应用下面的公式计算车轮转速：

然后就可以计算最佳速比了：

现在你就可以制作如表 5-10 所示的可用转矩表格了。这张表最左边为电动机参数。从左到右输入一档到五档的车轮转矩和车速，并从上到下输入每个档位内较高的转矩和电流值。然后可以得到每个速比时给定车速下的可用车轮转矩。电子表格做起来可能更快一些，你可以一眼看到改变电动机电压和轮胎尺寸等情况时的影响。

[illegible]

(续)

汽车速度 / (英里 / 小时)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
坡度阻力 / 牛	190.04	190.04	190.04	190.04	190.04	190.04	190.04	190.04	190.04
滚动阻力 / 牛	68.31	68.31	68.31	68.31	68.31	68.31	68.31	68.31	68.31
5% 坡度时总牵引阻力 / 牛	264.81	274.36	289.43	310.02	336.14	367.78	404.95	447.64	495.86
5% 坡度时总牵引阻力转矩 / 磅英尺	275.41	285.34	301.01	322.43	349.59	382.50	421.16	465.56	515.71
$\sin[\arctan(10\% \text{ 坡度})]$	0.0996	0.0996	0.0996	0.0996	0.0996	0.0996	0.0996	0.0996	0.0996
$\cos[\arctan(10\% \text{ 坡度})]$	0.9950	0.9950	0.9950	0.9950	0.9950	0.9950	0.9950	0.9950	0.9950
坡度阻力 / 牛	378.52	378.52	378.52	378.52	378.52	378.52	378.52	378.52	378.52
滚动阻力 / 牛	68.06	68.06	68.06	68.06	68.06	68.06	68.06	68.06	68.06
10% 坡度时总牵引阻力 / 牛	453.04	462.58	477.65	498.25	524.37	556.01	593.18	635.87	684.08
10% 坡度时总牵引阻力转矩 / 磅英尺	471.17	481.10	496.77	518.19	545.35	578.26	616.92	661.32	711.46
$\sin \phi, \phi = \arctan(15\% \text{ 坡度})$	0.1484	0.1484	0.1484	0.1484	0.1484	0.1484	0.1484	0.1484	0.1484
$\cos \phi, \phi = \arctan(15\% \text{ 坡度})$	0.9889	0.9889	0.9889	0.9889	0.9889	0.9889	0.9889	0.9889	0.9889
坡度阻力 / 牛	563.84	563.84	563.84	563.84	563.84	563.84	563.84	563.84	563.84
滚动阻力 / 牛	67.64	67.64	67.64	67.64	67.64	67.64	67.64	67.64	67.64
15% 坡度时总牵引阻力 / 牛	637.94	647.49	662.56	683.16	709.27	740.92	778.09	820.78	868.99
15% 坡度时总牵引阻力转矩 / 磅英尺	663.49	673.41	689.08	710.50	737.66	770.57	809.23	853.63	903.77
$\sin \phi, \phi = \arctan(20\% \text{ 坡度})$	0.1962	0.1962	0.1962	0.1962	0.1962	0.1962	0.1962	0.1962	0.1962
$\cos \phi, \phi = \arctan(20\% \text{ 坡度})$	0.9806	0.9806	0.9806	0.9806	0.9806	0.9806	0.9806	0.9806	0.9806
坡度阻力 / 牛	745.67	745.67	745.67	745.67	745.67	745.67	745.67	745.67	745.67
滚动阻力 / 牛	67.07	67.07	67.07	67.07	67.07	67.07	67.07	67.07	67.07
20% 坡度时总牵引阻力 / 牛	819.20	828.75	843.82	864.41	890.53	922.18	959.34	1002.0	1050.3
20% 坡度时总牵引阻力转矩 / 磅英尺	851.99	861.92	877.59	899.01	926.18	959.08	997.74	1042.1	1092.3
$\sin \phi, \phi = \arctan(25\% \text{ 坡度})$	0.2425	0.2425	0.2425	0.2425	0.2425	0.2425	0.2425	0.2425	0.2425
$\cos \phi, \phi = \arctan(25\% \text{ 坡度})$	0.9702	0.9702	0.9702	0.9702	0.9702	0.9702	0.9702	0.9702	0.9702
坡度力 / 牛	921.46	921.46	921.46	921.46	921.46	921.46	921.46	921.46	921.46
滚动阻力 / 牛	66.36	66.36	66.36	66.36	66.36	66.36	66.36	66.36	66.36
25% 坡度时总牵引阻力 / 牛	994.28	1003.8	1018.9	1039.5	1065.6	1097.3	1134.1	1177.1	1225.3
25% 坡度时总牵引阻力转矩 / 磅英尺	1034.1	1044.0	1059.7	1081.1	1108.3	1141.2	1179.8	1224.2	1274.4

➤ 所需转矩和可用转矩表

你是如何理解表 5-10 和图 5-13 的呢？它们告诉你什么呢？每个档位的有用区域是其左边以及下边，直到所需转矩的水平状态曲线为止。为了获得最低电流、最大经济性和最远续驶里程，你想在每个档位可得转矩曲线尽可能以下的位置运行。该图显示二档可能是最佳选择。你可以将电动汽车调至二档，因为它能在起动时给你每秒增加 2 英里 / 小时的加速度，能让车通过 15% 的坡度，并提供足够的转矩以达到 52.5 英

表 5-10 以 120V 直流串励电动机驱动的 1987 款福特 Ranger 皮卡
在不同电动机转速和速比情况下的可用转矩

档位				1 档	1 档	2 档	2 档	3 档	3 档	4 档	4 档	5 档	5 档
总速比				13.66	13.66	7.18	7.18	4.73	4.73	3.45	3.45	2.9	2.9
电机转矩 乘数				12.294		6.462		4.257			3.105	2.61	
转速乘数					165.56		87.02		57.33		41.81		35.51
电流 / 安、 转矩 / 磅 英尺、车速 / (英 里 / 小时)	电机 电流 / 安	电机 转矩 / 磅 英尺	电动机 转速 / 转 / 分钟	车轮 转矩 / 磅 英尺	车速 / 英里 / 分钟	车轮 转矩 / 磅 英尺	车速 / 英里 / 小时	车轮 转矩 / 磅 英尺	车速 / 英里 / 小时	车轮 转矩 / 磅 英尺	车速 / 英里 / 小时	车轮 转矩 / 磅 英尺	车速 / 英里 / 小时
	100	10	7750	122.94	46.81	64.62	89.06	42.57	135.19	31.05	185.34	26.10	220.50
	125	15	6400	184.41	38.66	96.63	73.54	63.86	111.64	46.58	153.06	39.15	182.09
	150	20	5000	245.88	30.20	129.24	57.46	85.14	87.22	62.10	119.58	52.20	142.26
	170	25	4600	307.35	27.78	161.55	52.86	106.43	80.24	77.63	110.01	65.25	130.88
	190	30	4100	368.82	24.76	193.86	47.11	127.71	71.52	93.15	98.05	78.30	116.65
	210	35	3900	430.29	23.65	226.17	44.82	149.00	68.03	108.68	93.27	91.36	110.96
	230	40	3700	491.76	22.35	258.48	42.52	170.28	64.54	124.20	88.49	104.40	105.27
	250	45	3500	553.23	21.14	290.79	40.22	191.57	61.05	139.73	83.70	117.45	99.58
	270	50	3400	614.70	20.54	323.10	39.07	212.85	59.31	155.25	81.31	130.50	96.73
	290	55	3350	676.17	20.23	355.41	38.50	234.14	58.44	170.78	80.12	143.55	95.31
	305	60	3250	737.64	19.63	387.72	37.35	255.42	56.69	186.30	77.73	156.60	92.47
	320	65	3150	799.11	19.03	420.03	36.20	276.71	54.95	186.30	77.73	156.60	92.47
	335	70	3050	860.58	18.42	452.34	35.05	297.99	53.20	217.35	72.94	182.70	86.78
	355	75	3000	922.05	18.12	484.65	34.47	319.28	52.33	232.88	71.75	195.75	85.35
	370	80	2950	983.52	17.82	516.96	33.90	340.56	51.46	248.40	70.55	208.80	83.93
	390	85	2900	1045.0	17.52	549.27	33.33	361.85	50.59	263.93	69.35	221.85	82.51
	405	90	2850	1106.5	17.21	581.58	32.75	383.13	49.71	279.45	68.16	234.90	81.09
	420	95	2800	1167.9	16.91	613.89	32.18	404.42	48.84	294.98	66.96	247.95	79.66
	440	100	2750	1229.4	16.61	646.20	31.60	425.70	47.97	310.50	65.77	261.00	78.24

里 / 小时的速度。对于爬坡而言，一档则最能满足你的愿望。但是，一档仅能在 100 安电流下以 45 英里 / 小时的速度行驶。速度更快时，三档则让你在 270 安电流下以 60 英里 / 小时的速度巡航，四档能让你在 370 安电流下以 70 英里 / 小时的速度巡航。对于这辆特别的汽车而言，不管以什么速度行驶，似乎都很少用到五档。尽管可以 78 英里 / 小时的速度持续行驶，但是需要 440 安的电流驱动。在其他速度情况下，其他

档位则表现更好，电流更低。对于这辆汽车而言，电动机和传动系统的组合是否有用呢？当然！如果你还想再做改进的话，只需要提高或降低一下电池电压。这将使每个档位的可用转矩曲线向右或向左移一位。在这辆汽车中安装上更大一点的电动机将能获得更好的加速度和更高的速度，每个档位的可用转矩曲线也会更高。但是也会导致重量和电流消耗增加，续驶里程变短。小一些的电动机将使可用转矩曲线降低，并带来轻量化和低电流消耗的优势。但是不要使你的汽车功率不足。如果有机会的话，尽量使实际功率略高于你的需求。结果也会更令你满意一些。

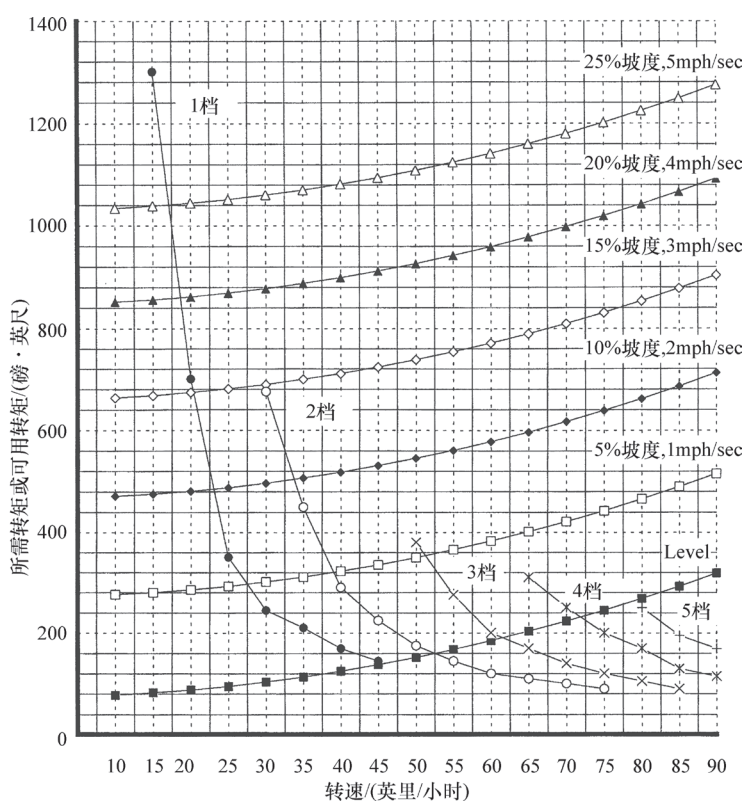


图 5-13 电动汽车所需转矩与可用转矩

从头打造特斯拉 Model S

特斯拉公司打造的 Model S 电动汽车创造了前所未有的驾驶体验。特斯拉工程组将流线型电池箱安装在车身底部，把电动机和电力电子元件集成为一个模块安装在后轮之间。这一创新性的集成是发挥电动轿车优势的关键，并在扩大车内空间的同时进一步提高了电动汽车的安全性和驾驶性能。

但是，如果我有机会的话，我会追随已经制造好电动汽车的人。是的，我将忘记

这些转矩和图形，直接选择特斯拉。

5.11 购买电动汽车底盘

这是第三步。即使你的电动汽车是现成的，你也还想知道制造商为你做了什么工作，这样你就知道了自己是否买到了自己最喜欢的一款车。在其他情况下，你还会在改装过程中优化底盘。本节我将教你如何买得精明：

- 回顾为什么改装是最好的选择——正方
- 为什么改装可能不适合你——反方
- 如何达成最佳交易
- 避免杂牌的、太旧的、肮脏的、生锈的底盘
- 保持你的需求清单触手可得
- 购买或借一本底盘手册
- 出售没用的发动机零件

➤ 电动汽车改装

在现实世界中，时间就是金钱，改装一辆现有内燃机汽车从投资和劳动的角度来讲节省了大笔开支。从一辆现有过时的汽车入手改装电动汽车的好处就是完整的车身、底盘、悬架、转向和制动系统——所有都是设计好、经过试验、确保安全的。改装的电动汽车还有另外的好处——保险杠、车灯和安全玻璃等等都是已经通过核准、满足所有安全要求的。

现有底盘还存在一些争议。通用汽车董事长 Richard Wagoner 在 2001 年曾说过全球变暖的问题不能通过标价 10 万美元的电动轿车来解决，他的公司正致力于研发消费者负担得起的电动轿车。

这就是为什么我喜欢这句话的原因。它证实了电动轿车能与相应便宜的底盘和电池共同上市。电池能得更便宜，底盘能从旧汽车上废物利用。所以 Wagoner 做到了，我们都能做到，那就做吧。

Wagoner 在加州联邦俱乐部就全球变暖、乙醇可用性和油价攀升等话题发表演说。他认为全球变暖需要“使用不同燃料或不同驱动技术大量地替换我们的车队”来解决。

➤ 改装的另一面

改装的负面影响是什么呢？似乎你选择的任何改装汽车，其流线型设计都比不上 Soapbox derby 赛车。它会很沉，轮胎是为牵引力而设计，而非滚动阻力。

电动汽车改装车使很多零件都变得多余：内燃机及其燃油系统、排放系统、点火系统和冷却 / 供暖系统。

你可能会为了更好的性能更换或升级零件，例如传动系统、车轮 / 轮胎、制动系统、转向系统、电池 / 低压辅助系统。对于这些，尽管按照自己的想法做。

➤ 怎样达成最佳交易

有很多方法帮助你以最优价格改装电动汽车，但是你还是需要采购。购买底盘与买车一样。看看指导购买新车或二手车的书籍。记住在讲价的时候不要流露你的真实意愿。当销售商告诉你：“四个气缸中只有两个正常运行”时，你就说“没关系，你能帮我把价格降到多少？”或者销售说：“这是本汽修店最干净的一辆车了，但是它的发动机报废了”，你可以说：“没关系，那就便宜 100 美元吧。”这些失效的零件正是你还价的好机会。如果你找到一辆 5000 美元的车，其他都好好的，就是发动机不工作，则可以就此还价，会大大节省整个改装的开支。

把车的具体特性放在一边不谈，什么样的车从价格角度上来讲是最佳选择呢？总体来讲，二手比一手好，但不要过旧。旧的好是因为价格便宜，但是也缺少很多新近要求的安全特性。如果你选择 10 年或 15 年以前的旧车，则可能会面临车身性能衰退以及较高里程数的问题。而如果你选择经典汽车——20 世纪 60 年代或更早时期车型的话——价格就会提升了。

近些年的旧车型（90 年代）

这些旧车是电动汽车改装者的理想选择。不仅因为其价格低廉，而且因为其里程数在 2 万 ~ 5 万英里之间，可以使传动系统、制动系统和轮胎产生的阻力较小，这样开起来更省力。

下面是一些可供选择的车型：

- **报废的新款二手车**——几乎所有人都喜欢豪华的、V8、自动挡汽车，但是你只需对直列四缸、简装的车型感兴趣
- **80 年代早期的轻量化四缸轿车 / 载货车**——这代表着二手车销售商面临的问题，

通常因为要处理掉它们而打折

- **旧的轻量化柴油轿车 / 载货车**——这也是二手车销售商面临的问题，因为潜在的购买者不能确信发动机及零件的可修补性。而对于当前拥有者来说，它们又已失宠。不管从哪个方面来讲，它们都是较好的购买机遇
- **发动机报废或没有发动机的轿车 / 载货车**——这对于拥有者来说的确是个问题，但对于你来说却是个礼物。真是天作之合，你可以在报纸上寻找这些信息

避免真正的废车

报废的新款二手车是最佳选择，而杂牌、太旧、太脏、太锈的底盘就该避免了。为其付出的劳动和新购零件使其不再是个便宜货。

适度肮脏和生锈都还好，但任何事过度了就不好了。如果你看不出发动机舱内发动机的类型，那么就放弃这个选择吧。因为清洁它的时间和改装一样长。

你怎么能让自己最好的电动汽车在严重锈蚀的底盘上行进呢？最好还是选择没有锈或只有一点锈的底盘吧。

保持需求清单触手可得

不管你选择什么样的汽车进行改装，但如果你发现它太小或太窄，装不下所有电子部件——更别说电池了——那你就遇到问题了。如果底盘太脏、太油或太锈，那就该另做选择了。下面的清单可作参考：

- **重量**——对于 120 伏 / 22 马力串励直流电动机来说，4000 ~ 5000 磅是车重上限。而对于 2000 ~ 3000 磅重的汽车来说，同样的零件将带给你出色的性能和更远的续驶里程。重量对于电动汽车来说就是一切，所以需要慎重考虑
- **空气阻力**——调整好你的车头和车尾，以减少空气阻力或气流。选车的时候就要注意这一点
- **滚动阻力**——特殊的电动汽车轮胎仍然很贵，所以可以寻找一些较好的二手子午线轮胎，然后充气至合理胎压
- **传动系统**——你不需要自动档，则四档或五档手动档比较好，前轮驱动将会给你更大的空间安装电池。避免八缸或六缸轿车，而要选四缸轿车，因为要选择最小、最轻的传动系统。避免过重或四轮驱动汽车
- **电动系统**——保留空调、电动车窗以及任何电动附件
- **尺寸**——你选择的所有零件（如电池、电动机、控制器和充电机）有足够的空间容纳吗？容易布线吗？

- **车龄及车况**——这将决定是否能获得相应的零部件，以及修复的难易程度

购买或借一本改装手册

改装手册价值连城。不管你是从网上下载的还是用邮件获取的纸质文件，你都必须拥有一本。尽可能在买车之前了解所有潜在问题。买车之后，就不要再花时间研究红 / 绿电线是否穿进了仪表盘的第三个接线盒；而是翻到相应的示意图进行操作。当你知道自己以逆时针装上第一个螺栓之前必须顺时针卸下第二个螺栓时，零件拆卸工作就比较简单了。相信我，改装手册一定省时省力。

出售没用的发动机零件

这是改装电动汽车过程中最绿色环保的事情。我的意思是可能某地某人正好需要你从电动汽车底盘上移除的四缸发动机。这对于他们的汽车来说是不可多得的好事。

首先，给刊登广告的地方打电话；然后，给销售商和旧车回收站打电话。如果他们都不能提供折旧费用，那么看看是否可以出售其中的一些零件。在你开始改装工作之前，趁早去做这些事情，因为它们能立即为你回收一些开支。这是我特别愿意作出的资金流动决策。你不会想要在改装过程中或结束后才去处理这些旧零件。

特斯拉公司从其计算中提供了什么

配上特斯拉公司先进的电驱动系统，Model S 能提供瞬时转矩，并在 6 秒内平稳地从 0 加速到 60 英里 / 小时。其铝合金车身为优异的操控性、安全性和高效性而设计。其使用的高能量密度电池组和一流的空气动力学设计，使其续驶里程在全世界的电动轿车中排名第一，单次充电可达 300 英里。

其公开展出的零部件展示了特斯拉公司电动汽车的优越性和高效性。消费者将能够看见其扁平的锂离子电池是如何提高汽车刚度和操作性，后轮驱动系统如何高效地设计以提供最大功率，没有了内燃机如何使 Model S 更强大、更安全。

特斯拉 Model S 的悬架系统与稳固轻巧的特斯拉平台一同提供了精确的操控性和理想的舒适性。轻巧的前轮悬架系统没有发动机的负担，优化了车轮控制。后轮多连杆式悬架与传动系统无缝整合，如图 5-14 所示。

你还会爱上它顶级的平顺性和操纵稳定性套件；主动空气悬架具有根据需要自动调节的功能。当 Model S 加速时，可以降低车身高度来优化空气动力性能，提高续驶里程。电动助力转向可自动随驾驶条件作出反应，任何车速时都能保持舒适和敏捷。其反馈如此精确使你觉得始终与路面相连。

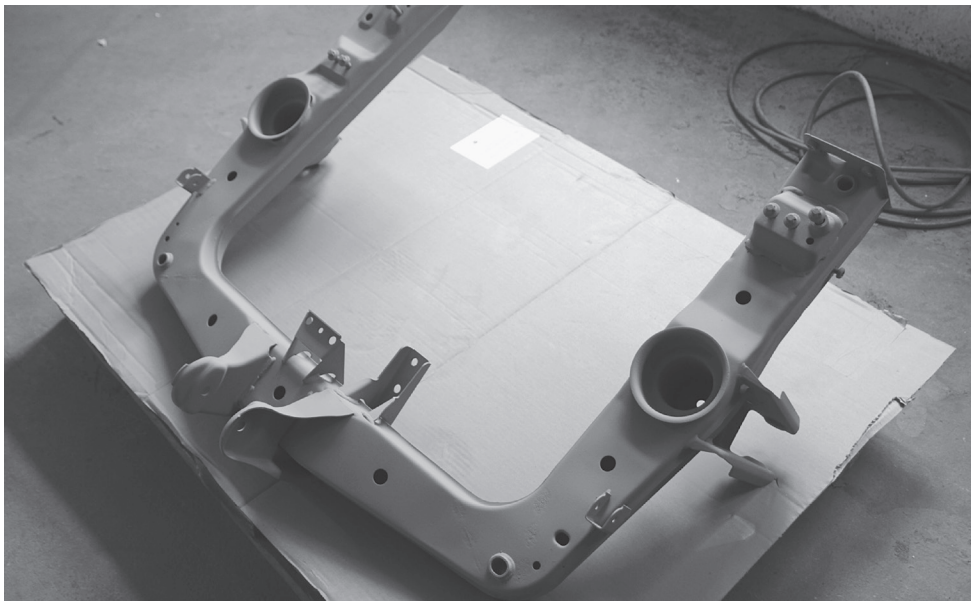


图 5-14 TurnE 改装汽车的悬挂系统

美国联邦快递公司帮助推行在相同底盘

（史密斯的 Newton 平台）上打造的零排放厢式货车

如果你想像美国联邦快递一样打造自己的电动汽车，那么不用担心零件，因为可以买到全新的。但是，为环保起见最好选用旧底盘，如图 5-15 所示。第一批 Newton 厢式货车有望于 2012 年在美国部分地区上市。

史密斯电动汽车集团为大众展示了 Newton 厢式货车的全貌，如图 5-15 所示。这是一辆在 Newton 通用平台上打造的零排放纯电动汽车，车身由印第安纳州的 Utilimaster 公司生产。该车是城市中理想的运输工具，车重为 14000 ~ 26000 磅，单次充电续驶里程将近 100 英里。该车采用了史密斯公司的驱动、电源和连接等专利技术，具有优异的电驱动性能、高效的电池管理性能及远程系统监控能力。

“联邦快递在采用纯电动汽车方面的领先性在整个行业都具有示范意义。”史密斯公司的 CEO 兼主席 Bryan Hansel 说，“我们欢迎联邦快递公司，并且期待汽车电动化带来的经济和环境效益。”

“这个机会帮助我们实现以经济的和环境可持续性发展的方式来优化和运行电动汽车车队的目标。”联邦快递公司全球车队副总裁 Dennis Beal 说，“史密斯公司在全球推行电动汽车的成功业绩使其成为联邦快递公司的理想合作伙伴，帮助我们在为环球客户提供最好服务的同时，提高车辆效率，降低排放。”



图 5-15 联邦快递公司并没有彻底改造车轮——其使用的是相同底盘

5.12 空气动力美学

雪佛兰的设计师不断强调外观与功能，但是当他们设计 Volt 汽车时，设计总监 Bob Boniface 将会告诉你不要在追求功能的同时牺牲掉美感。结果是什么呢？一辆看上去充满运动感的汽车，其空气阻力系数也非常低。

在风洞中的无数个日夜影响着诸多外部零件的造型，包括后视镜、隔栅、门槛和后扰流板。实际上，从扰流板底部到保险杠底部的光滑平面可以使空气迅速从保险杠分离，赋予 Volt 汽车超凡的空气动力性能。

全新的宝马 ActiveE 从其与众不同的发动机盖到独特的后挡板（图 5-16），以其全新的零排放驱动系统为傲，可以享受到每辆宝马车都拥有的因后驱和低重心带来的操控性。图 5-16 和图 5-17 展示了带有水冷系统的锂离子电池。

宝马 ActiveE 带给你的激动、兴奋与享受都得益于其高效的锂离子电池。这些高压电池能存储大量能源，并带有水冷系统。专门为宝马 ActiveE 研发的热管理系统能保持理想的工作温度，使电池不受外界温度的干扰以保持良好的性能和寿命。

图 5-18 所示为 TurnE 公司的改装大众甲壳虫汽车的底部。可见其底盘在汽车后部很好地容纳了电动机及其控制器系统。

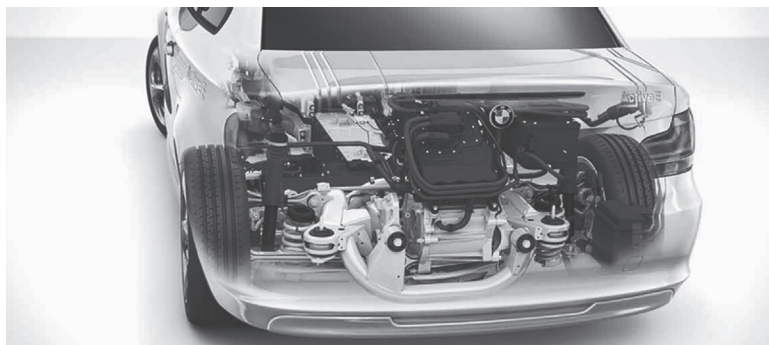


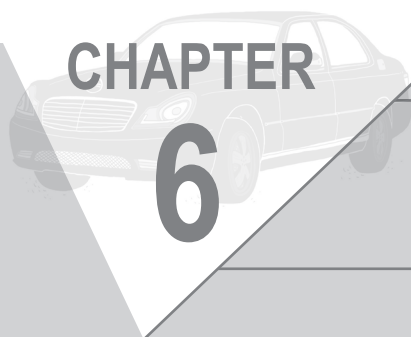
图 5-16 宝马 ActiveE 的锂离子电池



图 5-17 带有水冷系统的锂离子电池



图 5-18 TurnE 公司为改装大众甲壳虫汽车而对结构进行了重新调整



CHAPTER 6

第 6 章 电 动 机

电动机无处不在，在你的家里，你身边的几乎每个机械运动都是由交流电动机或直流电动机驱动的。

一个简单的电动机由六部分组成：

- 电枢或转子
- 换向器
- 电刷
- 转轴
- 场磁体
- 直流电源

一般而言，通过学习电动机的工作原理，你可以了解到很多关于磁体、电磁体以及电学的知识。通过本章的学习你会了解电动机是怎样工作的。

电动机是电动汽车的心脏，它有各种各样的尺寸、形状和类型，是最高效的机械设备。不同于内燃机，电动机是无污染的。技术上说，电动机有三个运动部件，即使只有三个部件，电动机也比内燃机使用寿命长。

三个运转部件为转子和两个端轴承，这是电动汽车被广泛接受和人们打造属于自己的电动汽车的主要原因之一。

由于电动机具有动力性和经济性好的固有特性，拥有一辆高效有趣味的电动汽车会带来多年的最低维护成本。本章节的目的是指导读者为当今的电动车改装选择最佳的电动机，以及对读者将来改装或打造自己电动汽车选择最佳电动机提出建议。

为了实现这些目标，本章将会回顾电动机的基础知识，提供有用的方程，介绍不同的电动汽车电动机的优缺点，介绍当今电动汽车改装最合适的电动机及其性能，最后介

绍应该密切关注的适合未来的电动汽车的电动机类型。

6.1 为什么使用电动机？

通过第1章我们了解到电动机由于其简易性而无处不在。按照定义，所有的电动机都有一个固定定子或静止部件，一个转子或运动部件。这种结构的简易性既保证其可靠性，又是其相较于有上百运动部件的内燃机而言是更为优越的源动力的原因。

- **电动机动力性好**——几乎所有牵引电动机在转速为0时提供接近最大的转矩，这也是为什么这么多年来牵引电动机作为地铁和铁路柴油内燃机车的动力源的原因。与内燃机一样，电动机达到其最大转矩的转速范围不需要等待。只要提供电流，就会立即产生转矩。如果一个电动汽车性能不好，那只是由于其糟糕的设计或者电动机的选择失误而不是由于电动机本身性能不好。
- **电动机效率高**——电动机输入电能输出机械转矩，其效率在90%以上，很少有其他的机械设备能够达到这个效率。

电动机都是与磁体和磁力有关的，它利用磁体产生运动。如果你曾经玩过磁体，你就会知道所有磁体的基本定律：同性相斥，异性相吸。因此，如果你将两个条形磁体的“北极”对“南极”，那么一个磁体的北极会吸引另一个磁体的南极；另一方面，一个磁体的北极会排斥另一个的北极（同样的，南极会排斥南极）。

6.2 功率

电动机效率高，它在电动汽车刚启动时所产生的功率是惊人的（没有双关的语义）。我记得第一次驾驶电动汽车，当我踩上加速踏板，汽车马上启动。毫无疑问，它不像发动机有复杂的部件来妨碍它。

下面提供一些为你的汽车选择正确电动机的技术要点：

① 电动机通过最高效率点确定额定功率，它可以超过额定值的2~4倍工作，但是只能持续几分钟（用于加速或爬坡）。内燃机以最高马力确定额定值。例如，FB1-4001A型号144V电压时长期运转的额定功率为30马力，最大功率为100马力，而其与分钟额定功率为48马力。

② 改装后每1000磅的汽车质量需要6~8马力，这决定了电动机的长期运转额定值。因此一个3000磅的改装车需要大概20马力的电动机。车速越高，质量越大，路面坡度越大，需要的功率越大。

③ 电压越高电动机可提供的马力越高；例如，FB1-4002A 电动机在 72 伏电压时能够达到 18 马力的连续运转额定值，但是当提供 144 伏电压时则能达到 30 马力。电压越高，转速越大，而功率是转速 $\times$ 转矩的函数。

④ 虽然电动机由连续运转额定值标定，但是其可以以较小的功率工作。如果设计车速只需要 10 马力，那么电动机就会在非满负荷下工作，这就需要控制器来进行调节。

⑤ 持续大于额定马力工作最后会导致电动机过热和损坏。一个额定电流 100 安的电动机能够在 300 安电流下短时间工作，但是长时间工作很容易损坏电动机。不要给你的电动汽车购买过小的电动机——它们的寿命较短，电流会使零件过热。

⑥ 高速行驶时需要更高的马力。70 英里 / 小时的速度所需要的马力是 35 英里 / 小时的 4 倍。这就需要 4 倍的电流，也意味着续驶里程减少。

电动机的类型有两种：交流电动机和直流电动机。

6.3 直流电动机

电动机是将电能转化为机械能的机械设备，并且能够进一步转换为如牵引、推力、起重、搅拌或者振动等有效工作。这是对电力和磁力基本性能的理想应用。在了解直流电动机及其性能之前，我们先回顾一些基本概念。

在图 6-1 中，在 NetGain 公司的 WARP 电动机中有两个磁体：电枢（或转子）是一个电磁铁，而场磁铁是一个永久磁铁（场磁铁也可以是电磁铁，但是在大多数小型电动机中为了节能而不采用）。

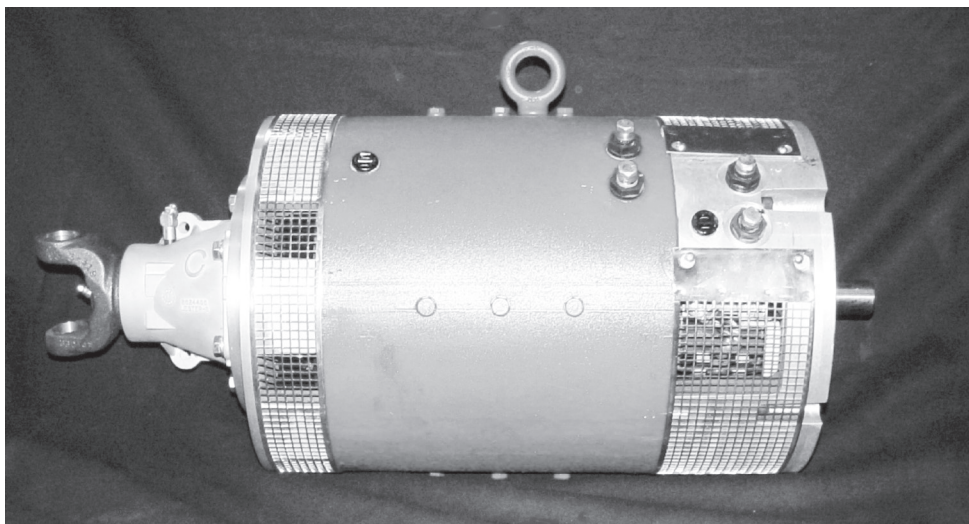


图 6-1 NetGain 公司的串励直流电动机—TransWarp 11 型电动机（11.45 英寸）

➤ 磁与电

磁和电就像是一个硬币的两个面，电子电气设计工程师在日常工作中经常使用麦斯威尔电磁学的四个定律。它们可能会告诉你：“磁和电本质上相互关联。”实际上，没有其中的一个就没有另一个。然而，除非在电动机或者其他涉及两者的设备中，你往往只能看到其中的一种。

电压实际上称为电动势。当你用导线将电池的正负极与电灯泡相连接，电灯泡就会发亮。将两个电池串联，就会使电压翻倍，电灯泡也会更亮。

在电学领域，有一个能关联电压、电流和电阻参数的数学方程式，这个电学方程式称为欧姆定律：

$$U = IR$$

式中， U 是以伏特为单位的电压； I 是以安培为单位的电流； R 是以欧姆为单位的电阻。当你将电压增大为原来的 2 倍，通过导线的电流也会增大为原来的 2 倍，电灯泡就会变得更亮。相应地，如果减少电阻电流就会增加。

正如你有可能在学校的科学课中见到的，一个简单的条状磁铁有两个端（极）——南极和北极。每一端都能够吸引可被磁化的物体，而两个条形磁铁则是同性相斥，异性相吸。

指南针的指针已被磁化并具有自己的南极和北极。指针会根据地球磁场告诉你北极的方向。如果将一个条状磁体靠近它，指针将旋转并偏离地球磁场北极的方向。

可以利用电生成磁，从你的工具箱中取出一个铁钉，用绝缘铜导线在铁钉上缠绕几圈，然后将导线两端与电池相连，这样平头钉就变成了一个条状磁铁并且具有指南针的作用。

➤ 导体和磁场

如图 6-2 所示，将导线在马蹄形磁铁的正负极之间移动。这种关系适用于恒定磁场和移动的导线或者动磁场和固定导线。导线以正确的角度切割磁力线的速度越快，电压就越高。当形成回路时，感应电压会产生电流流动。可以通过右手定则记住导体运动、磁场以及电流方向的关系：大拇指指向导体运动的方向，食指和大拇指垂直并由北极指向南极，中指和拇指、食指都垂直，便可指出感应电压的极性或者电流的流动方向。

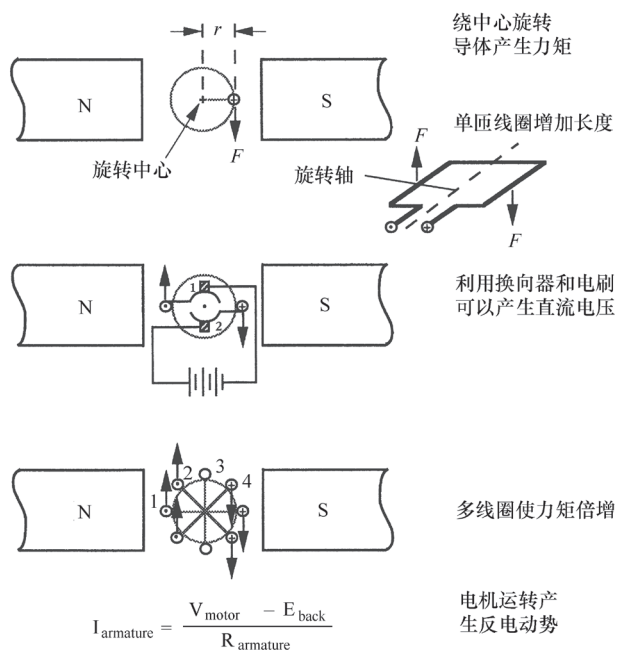


图 6-2 直流电动机基本原理——从移动导体中获得转矩

➤ 安培定则或电动机法则

通电导体以正确的角度放置在磁场中会受到力的作用。通过右手定则能够记住电流、力和磁场的关系，但是这次右手的大拇指指向导体中电流的方向，食指垂直于大拇指由北极指向南极，中指垂直于拇指和食指，指向产生的力的方向（图 6-2），现在我们开始正式讨论电动机。

6.4 电磁铁和电动机

电磁铁是电动机的基础，通过想象下面的场景，你可以理解电动机是怎样工作的。将缠绕了 100 圈导线的铁钉与电池相连，你便制成了一个简易的电磁铁。当铁钉上的导线与电池接通后，铁钉将会变成磁铁，而且具有南极和北极。在铁钉电磁铁中间穿过一个轴，并将其悬挂在马蹄形磁铁的中间（图 6-3），将电磁铁与电池相连，则会出现图 6-3 所示的北极，由电磁学基本定律可知，电磁铁的北极会被马蹄形磁铁的北极排斥，而被马蹄形磁铁的南极吸引，电磁铁的正极同理。铁钉会旋转半圈并停留在如图所示的位置。

由此可知，旋转半圈的运动是由于磁铁同性相斥，异性相吸的原理导致的。电动

机不断旋转的关键在于，当半圈的旋转结束时，翻转电磁铁的磁场方向。磁场翻转后完成另外半圈的旋转。你可以通过改变电流的方向（改变电池的正负极）完成磁场的翻转。如果磁场在每个半圈旋转结束的正确时刻翻转，电动机将自由旋转。

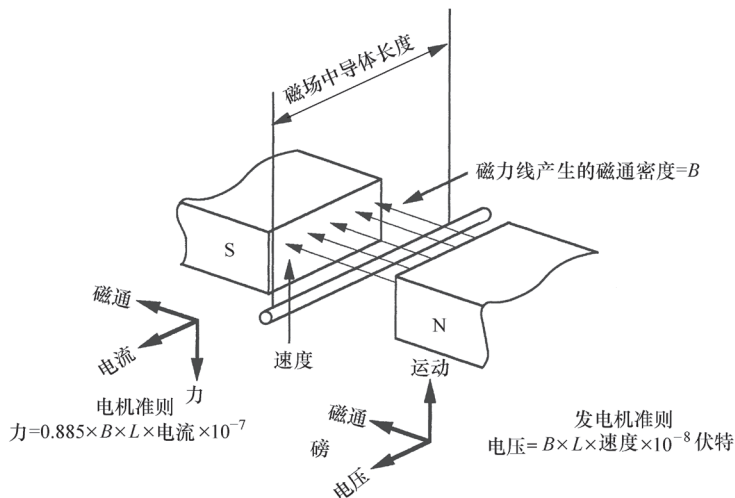


图 6-3 直流电动机基本原理—电动机和发电机准则

6.5 直流电动机的基本构造

通电导体受力使其顺时针旋转，为了进一步助推旋转，增加了换向器和电刷（图 6-3），使电动机能够使用直流电源进行工作。如图 6-2 最下方图所示，增加线圈可以进一步提高电动机的转矩输出能力。实际上，一个线圈可以有很多绕组，你可以设置换向器片以匹配线圈的数量，这样你就可以在任一线圈上获得这个线圈和其他线圈同时产生的力。

➤ 现实生活中的电动机

现在为你介绍现实生活中的电动机的构造、定义以及效率。首先让我们了解电动机的部件。

➤ 电枢

电枢是电动机中的主要载流件，一般电动机中电枢是旋转的（无刷电动机中电枢不一定是旋转的），并且通过电枢线圈中流过电流能够产生转矩。同时电枢能够将线圈固定在合适的位置并为磁通提供一个低磁阻路径。电枢通常由电枢轴和其上包围的由

钢片叠压而成的电枢铁心组成。电枢铁心外部有平行于轴的凹槽，槽中嵌入线圈。线圈（每一个都绕有很多圈导线）被放置在凹槽中以使一侧受北极磁场作用，另一侧受南极磁场作用；相邻的线圈放置在相邻的凹槽中，如图 6-3 所示。相邻的线圈串联起来，总的受力为每一个线圈受力之和。

➤ 换向器

换向器是使电动机持续转动下去的一个巧妙部件，每当线圈转到磁通最小位置时，换向器通过改变线圈中电流的方向以使线圈继续转动。换向器基本上就是一个开关，它能够改变电压的方向。由于电动机转子旋转并具有动量，这种转换能够不断重复下去。交变的磁场不断推动线圈克服阻力（如摩擦力、空气阻力和热力）并达到极限速度。增加负载后电动机的运转会有所变化，但是载荷增加会使电动机电流增大。

➤ 磁极

在现实生活中，通常使用电磁铁（使用绝缘铜导线缠绕小铁钉若干圈）来代替永久磁铁，如图 6-2 和图 6-3 所示。（实际上，存在永磁电动机，将在本节的稍后部分介绍永磁电动机及其优点。）

在电动机中，磁力线是由缠绕在磁极或磁极片上的线圈构成的电磁铁生成的。磁极通常通过钢片叠压而成以减少涡流损耗。与电枢一样，在较新式的电动机中，钢片已经被更有效的材料所替代。电枢周围的磁极片常常被弯曲以产生一个更加均匀的磁场。这种缠绕在磁极的铜导线绕组叫做励磁绕组。

➤ 串励电动机

绕组如何制成和连接决定了电动机的类型，由粗钢丝缠绕而成的线圈与电枢串联的电动机叫做串励电动机，由细钢丝缠绕而成的线圈与电枢并联的电动机叫做并励电动机。

➤ 电刷

电刷通常由石墨或碳材料的矩形块组成，由弹力可调节的弹簧进行固定约束。电刷支架是由绝缘材料制成的，以实现电刷和电动机壳体的电气绝缘。嵌入电刷中的一条细小柔韧的铜导线（称为 pigtail）为电刷供电。把较小的电刷在内部连接起来可以承受更

大的电流。

➤ 电动机壳体、支架或磁轭

在电动机壳体内，磁路是从北极开始，通过气隙、电枢中的磁性材料以及第二个气隙到达南极，经由电动机壳体、支架或磁轭又一次回到北极。电动机实际运行中的能量损失主要由以下三种原因引起：

- **机械损耗**——所有电动机的转矩输出都会有所减少，因为转矩要克服轴承摩擦力、电动机内的气流（称为空气阻力）以及电刷阻力。
- **电气损耗**——电气损耗是由于电流在电枢、励磁绕组以及电刷构成的合成电阻中传输导致的。
- **磁损耗**——额外的损耗是由于电枢和磁极铁心导致的。

总结：

- 效率是一个设备的输出与输入能量之比。
- 当电动机输入为 100 瓦、输出相当于 90 瓦时，功率损失为 10 瓦，那么该电动机的效率为 90%。
- 该效率定义适用于电动机、电动机速度控制器、电池充电机等等。

如何选择电动汽车的电动机

电动机的选择取决于很多因素。首先你要确定：汽车的预期使用目的是什么？是日常驾驶用？是只用于赛车？是为了得到好的性能？还是为了得到在每次充电后最长的续航时间而设计的？除了要回答这些问题，还需要一些下面相关的现实的考虑

①最高车速：_____

②爬坡度：_____

③空气阻力（正面）：_____

④汽车总重量（包括驾驶人、乘客、装载量）：_____

⑤主减速比：_____

⑥轮胎直径：_____

⑦电动机电压：_____

⑧滚动阻力系数：_____

⑨电池内阻：_____

6.6 直流电动机的类型

现在你已对电动机的相关理论和实际结构有所了解，下面对比一下不同类型的电动机（图 6-4）。直流电动机有以下几种类型：

- 串励电动机
- 并励电动机
- 复励电动机
- 永磁电动机
- 无刷电动机
- 通用电动机（交直流两用电动机）

后三种电动机是前三种电动机使用不同的制造技术组合而成的。复励电动机是融合的串励和并励电动机而成的。对于前三种电动机，我们可以通过观察电路了解电动机绕组电路是如何连接的，然后观察描述电机运行状态的转矩和转速（相对于电枢电流）以及输出功率曲线等特性。

因为电动机的转矩、转速、换向以及再生制动能力对电动汽车的使用者十分重要，所以这些因素是每种电动机类型都必须考虑的。只能以满载输出功率来对比不同的电动机类型。由于连接电动机的外部电路也存在电阻，电动机的效率很难确定，因此效率的计算要基于具体情况而定。

➤ 串励直流电动机

最有名的直流电动机是 NetGain 公司的串励直流电动机，主要用于牵引应用中（如电动汽车的驱动）。该电动机直径为 11.45 英寸。TransWarP 11 型电动机由于有助于减少转换过程而用于直接驱动，其很多特有的性能使其区别于当前生产的其他电动机类型。

该电动机有一个短的轴套，它来自于雪佛兰 Turbo 400 变速器，并安装在驱动端盖上（也可能没有这个轴套）。这是由于驱动端轴不是典型的 1.125 英寸单键类型，而是 1.370 英寸、有 32 个齿的渐开线花键类型，可以和 Turbo 400 变速器的花键轴相啮合。也就是说，该电动机能够取代变速器而直接和驱动轴相啮合。

但是制造商并没有就此止步，该公司在驱动端增加了双倍宽度的轴承和润滑油嘴（由于存在滑动叉总成），并采用 1350 通用工业标准，使电动机与各制造商的驱动轴都

能配合使用。我曾将接线柱移到电动机的侧面，增加电动机上、下方的空隙，以减少道路损伤。该电动机具有电刷磨损指示器和温度开关，同时也具有与 WarP 11 电动机一样高效的风扇、换向器和电刷。由于我曾想将两个 11 英寸的电动机连接在一起，我甚至制作了与 WarP 11 电动机的驱动端直径相同的换向器末端轴。

如果这还不够，可以在换向器端盖上增加一个吊环以及 8 个螺纹安装孔，这样更容易安装，同时还便于加装速度传感器、发电机或者空调等。

之所以叫做串励电动机是由于其励磁绕组和电枢是串联而成的（图 6-4）。由于流入励磁绕组和电枢的电流必须相同，所以它是由粗导线缠绕而成。在串励电动机中，由实际的转矩 - 电枢电流曲线图（图 6-4）可知，转矩与电流的平方成正比。

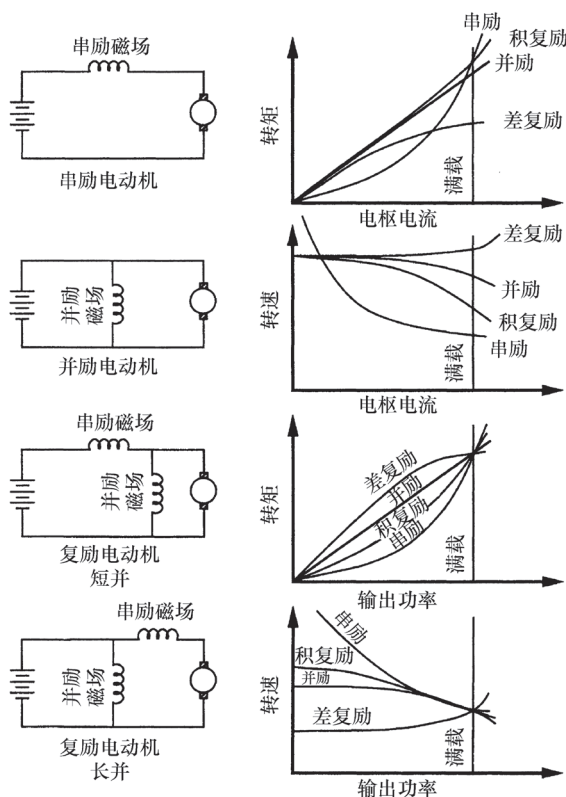


图 6-4 电动机类型总结——绕组和特性

转速

由实际转速 - 电枢电流曲线图（图 6-4）可知，在串励电动机中，电流很小时，转速会变得很大。例如：负载为零而转速很大时是串励电动机非常危险的工况。因为串励电动机不允许空载起动和运行，所以必须保证齿轮啮合，离合器接合并带有负载。

必须注意这一点，当串励电动机转速急速增加时要马上减速。

弱磁

该技术是控制串励电动机转速的一个有趣的方法。设置一个与串励电动机励磁绕组并联的外部电阻，实际上是把励磁绕组的电流分流给这个外部电阻。保持电流分流在总电流的 50% 或以下（电阻阻值为电动机励磁线圈电阻的 1.5 倍或以上）。这种设计可以使电机在中度转矩工况运行时使转速提高 20% ~ 25% 而不会产生失稳。适度使用弱磁技术，我们似乎就能不劳而获。但弱磁也有其自身局限，当有其他更好的可用方法时，使用者很快就会放弃该方法。

换向

因为在串励电动机中流入电枢和励磁绕组中的电流相同，所以改变电压方向时，电动机旋转方向不变。为了改变电动机旋转方向，需要相对于电枢使励磁绕组反向。这个特性使得串励直流电动机可以利用交流电工作（本节稍后将予详述）。

再生制动

正如在本节前面所述，所有电动机同时还具有发电机的功能——产生反电动势。反之亦然——发电机能够产生反转矩。再生制动是在电动机启动和运行起来之后，通过将电动机转换成发电机而使电动汽车减速（节省制动器），并将制动能量回收为蓄电池充电（从而增加续驶里程）。

再生制动允许通过电子控制电动机并将其转换成发电机，从而回收汽车减速时产生的能量，而不是以制动片散热的方式逸散到大气中。此时是电动机使汽车制动，而不是制动片。

虽然所有电动机都可以用作发电机，但是实际上由于其发电性能并不稳定，串励电动机极少用作发电机。

➤ 并励电动机

简单地说，这两种基本类型电动机的不同之处在于并励电动机能够在变化的电流和电压负载下保持恒定的转速。而对于串励电动机，当初始电流负荷减少时，其转速将会下降。第三种类型电动机——复励电动机，同时有并励绕组和串励绕组，具有转矩大（同串励电动机）和可调节转速（同并励电动机）的特点。

并励电动机故障诊断

当并励电动机发生故障时，电动机会变得很热。通常情况下这个问题很容易解决，

首先需要考虑到的故障原因主要有两个：失压以及电枢绕组断裂。当并励电动机发生问题时首先需要检查这两点问题。

并励电动机应用

由于并励电动机具有转矩和转速可控制的特性而广泛应用于工业和汽车领域。

转矩特性

由于并励磁场和电源并联，并励电动机内的磁通相对保持不变，其转矩决定于电枢电流。在并励电动机中，转矩正比于电枢电流。虽然启动时没有反电动势阻碍并励电动机电枢中启动电流的流动，但是并励电动机转矩和电流的线性关系很快就能够形成。因此并励电动机的启动转矩比串励电动机小，这也导致采用并励电动机的电动汽车加速性能的下降。

转速

当对任意电动机（但此处特指并励电动机）施加负载时，转速将下降，从而减少反电动势的产生。电枢电流增加导致转矩增加从而适应增加的载荷。基本上，恒定不变的反电动势能够使电枢电流在一个较大的范围内保持不变，并且能够保持转速（除在高电枢电流时略有下降外）基本不变。

并励电动机相对于电枢电流的线性转矩和恒定转速特性使其在用作人工控制的牵引电动机时有两方面不好的影响：第一，当承受较大的负载（如爬坡、加速）时，不同于串励电动机，并励电动机转速变化小，持续的高转矩需求导致电枢电流过大，其过热可能会导致电动机损坏；第二，不同于串励电动机的较软的机械特性，并励电动机的转矩 - 转速特性曲线近似于直线，这就意味着需要更多的速度控制或调速以满足任意给定的工况。因此，串励电动机适用于转矩和转速变化范围较大或者启动转矩较大的情况下。在电子控制情况下，除了启动转矩较小外，在电动汽车中应用时并励电动机的性能同串励电动机是一样的。但是相较于串励电动机，并励电动机的控制器设计更为复杂。

弱磁

通过减少并励电动机分流线圈的电流，可以得到高于额定值的转速，如果这样就需要对并励电动机励磁绕组串联一个外部控制电阻。但是这里不同于串励电动机空载时转速的急剧增加，由于带有载荷的并励电动机电枢具有惯性使其不能对磁场控制的变化做出迅速回应，因此这样是非常危险的。如果在并励电动机加速时这样做，会出现电动机过热或者电动机零件转速过快，这时要把电阻调整到初始值。所以在并励电

动机中应慎重使用弱磁技术。此外，由于直流串励电动机固有的简单结构，并励电动机很快就会受到冷落。由于驾驶人不需要过于担心电动机发热，串励电动机是更好的选择。

换向

并励电动机中励磁绕组和电枢的电流方向一致，因此改变电压方向会同时改变电枢电流和磁通方向，而电动机旋转方向不变。为了改变电动机旋转方向，需要相对于电枢使励磁绕组反向。

再生制动

并励电动机可以立即转换为一个并励发电机。大部分发电机都是并励的或者是在其基础上变化而成的。并励电动机的转矩和转速相对于电流的线性或近似于线性的特性表明：当其用作发电机时的电压和电流关系是近似于线性的。这就说明，在人工控制或电子控制下并励发电机高度的稳定性使其能够适用于再生制动。

➤ 复励直流电动机

复励直流电动机是串、并励电动机的结合。不同方式结合的复励电动机由于其有自我破坏的倾向，有时被称为“自杀式电动机”。如果在加载时并励磁场电路突然断开，串励磁场将会接管，并且所有磁场极性将会翻转。这将导致电动机停止运转后开始反向运转，这时就相当于一个空载运行的串励电动机，并且最后电动机将损坏。如果负载过大，不同结合方式的电动机可以以不同的方向起动，因此复励电动机很少用于工业。

绕组的连接方式是开压型还是降压型决定了电机的类型：复励电动机的电流流入电动机后，首先流入串励线圈的为短复励电动机，而首先流入并励线圈的为长复励电动机。若串励绕组产生的磁场与并励绕组产生的磁场方向相反，就是差复励电动机，若两个磁场方向相同，就是积复励电动机。复励电动机的优势就是其同时具有串励和并励电动机的特点。

- **转矩**——复励电动机的转矩同时受串励线圈和并励线圈的影响。
- **转速**——类似于转矩，转速受串、并励线圈双作用影响。复励结构的一个好处就是可以避免并励电动机在低励磁电流下和串励电动机在小负荷下的转速过快现象。然而对于不同的复励电动机这种说法也是值得怀疑的：积复励电动机应用于电动汽车时，当电枢电流较大时，其转速有明显增加的趋势。通过选择具有良好起动特性的串励绕组和具有转速增加时电流减小以及良好再生制动性能

的并励绕组，你可以为电动汽车设计一款复励电动机。但很快你就会发现在现有的产品型号中已经具有这些特性。

- **换向**——复励电动机类似于串励电动机，因此其电压极性的翻转一般不会改变电动机的旋转方向。长复励电动机类似于并励电动机，因此电压极性的翻转一般会改变电动机旋转方向。正如转矩和转速一样，在换向方面，复励电动机也可以通过定制以适应各种使用需求。
- **再生制动**——和并励电动机一样，复励电动机也很容易适用于再生制动。其串励绕组可以提供额外的起动转矩，但是在再生制动时可以忽略，并励绕组能够提供更理想的并励发电机特性。人工控制或电子控制的复励电动机十分适用于再生制动。

➤ 永磁直流电动机

第一次介绍直流电动机时，永磁直流电动机由于结构简单就做了介绍。由于各种铝镍钴合金磁铁材料、铁素体、陶瓷磁体以及稀土磁铁等新技术的发展，使永磁电动机相对于同等马力的励磁线圈电动机体积更小、质量更轻。因此，永磁电动机得到了越来越多的应用。稀土磁铁的强度是铝镍钴合金磁铁的 10 ~ 20 倍并且已经成功应用于其他领域如计算机磁盘驱动器，并减少了生产成本（图 6-5）。虽然仍然需要换向器和电刷，但是节省了磁场绕组的制造成本并使结构更简易，同时由于不需要励磁电流从而提高了电机效率。

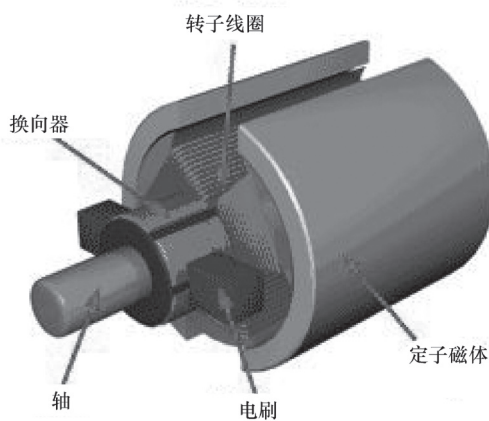


图 6-5 永磁直流电动机

永磁电动机的转矩、转速、换向以及再生制动特性类似于并励电动机；在控制电路设计方面，两种电动机类型也可以相互替代。永磁电动机的起动转矩是并励电动机的几倍，并且其转速 - 转矩特性曲线更趋向于直线，更易于预估。

➤ 无刷电动机

由于不需要更换电刷或维护换向器部件，无刷电动机在所有电动机类型中是寿命最长和维护最少的。现在电子器件占据了电动机的一半，因此可以通过电子技术来定制各种特性的电动机，并且各直流电动机之间的区别并不明显。实际上，如图 6-6 所示，无刷电动机在结构上更加类似于交流电动机（将在下一节介绍）。

此外还有其他的直流电动机制造商，如 UQM 和 AVEOX。为获得更多信息可以参考网络资源目录：buildyourownelectricvehicle.wordpress.com。

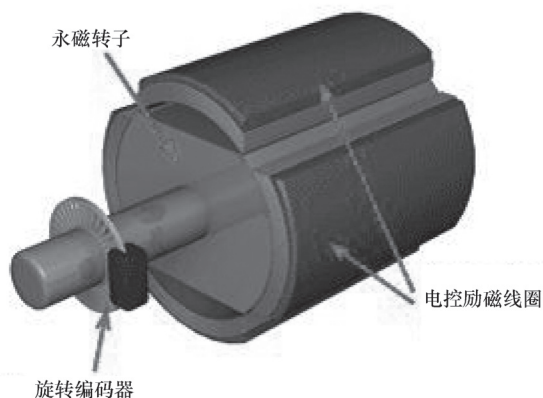


图 6-6 无刷直流电动机

➤ 通用直流电动机

交直流通用电动机一般转速较高，通常应用于搅拌机、真空吸尘器、电吹风等需要高转速的场合，也经常应用于便携式电动工具。通常首选串励直流电动机作为交、直流两用电动机。为了能适应交流运行，直流电动机通过改进由叠片制成的磁路系统和电枢铁心来减少磁滞损失和涡流损失（图 6-7）。另外，还增设了补偿绕组，通过减少换向片换向时的磁通以改善换向问题。通常，串励电动机在交流运行时（高起动转矩等）性能基本不变，但是在任何给定电压下的效率都较低。

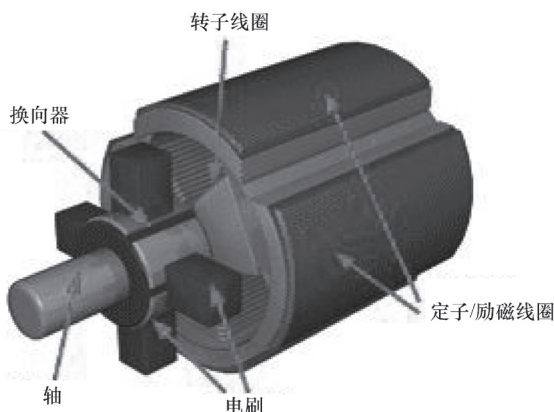


图 6-7 具有环形定子的直流电动机

6.7 交流电动机

已经了解了直流电动机后，现在开始介绍在日常生活中最常见的交流电动机。我们的家里、办公室以及工厂中主要以交流电为主，这是由于其很容易由传输阶段的高压电转化为我们使用的低压电，因此交流电动机的使用量多于其他所有类型电动机之和。交流电动机并不是通过很长的电线插到室内墙上的插座而通以交流电的，它和直流电动机一样使用蓄电池，逆变器取代了直流驱动系统中的控制器。复杂的逆变器使该系统总体来说成本较高，但是物有所值。

- 交流电动机加速性能好。直流电动机驱动电动汽车可以以最高转速行驶，但是却不能够更高。例如，如果 55 英里 / 小时是使用直流电动机的最高车速，那么可以驾驶汽车一整天以 55 英里 / 小时的速度行驶，但是不要期望可以以 60 英里 / 小时的车速超过一辆悍马，这是不可能的。
- 正如我之前所介绍的，在其他所有条件相同的情况下，对于我家这种山区地形，交流驱动系统更加适用。
- 相较于直流系统，交流系统对于破旧的高油耗车的变速器更加温和，如果不用来飙车的话，一般就不会有问题。
- 交流驱动系统能够驱动质量更大的汽车。
- 交流驱动系统的续驶里程更长，其原因有以下几点：第一，可以更高效的使用铅酸电池；第二，再生制动性能更好，可作为发电机把能量回收给蓄电池充电。如果使用锂电池，那么直流和交流的差别就不是太大了。

总而言之，电动汽车的性能更近似于耗油量极大的燃油汽车的性能。

在介绍交流电动机及其特性之前，先来看一下变压器。

► 变压器

变压器最简单和最基本的结构为两组缠绕在铁心上的铜线圈（图 6-8）。一次线圈通常和交流电源连接，二次线圈通常和负载连接。另外，还可以绘制任意频率交流电的变压器等效电路，你可以对此进行深入研究，这一点对你非常有用（图 6-8）。变压器等效电路非常有用，可以直接应用于交流感应电动机中。

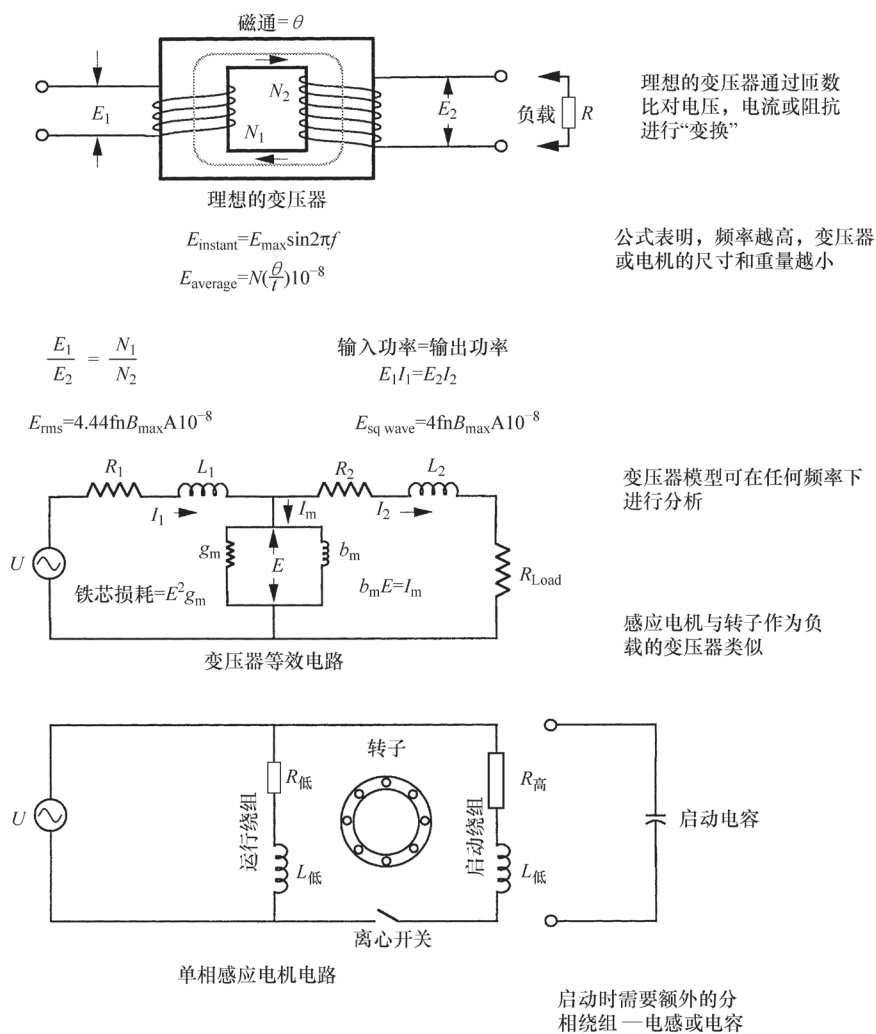


图 6-8 类似于变压器的交流电动机

➤ 交流感应电动机

交流感应电动机（尼古拉·特斯拉 1888 年的专利）基本上是一个旋转变压器。可以把它理解为一个变压器，其二次线圈（负荷）由旋转件替代。最简易的形式是将旋转件（转子）的导线通过一些连接在电动机转轴上的导电端板精确地固定。

当变化的电流通过初级线圈（固定件或定子）时，变化的磁场会导致电能通过电磁感应传递到转子中。由于能量的传递不需要直接的连接件，不需要换向器或电刷。因为转子本身结构可以做得十分坚固（通常为铜棒或嵌入铁架中的导线），所以相较于同等级的直流电动机，交流感应电动机的初始成本和日常维护成本都更低。

交流电动机有各种各样的形状和类型，交流感应电动机（使用最广泛的类型）相较于直流电动机具有明显的优势，使其在电动汽车中的应用前景最好。这些固态部件使交流感应电动机能够应用于无级变速传动中，并使得其性能达到或超过直流电动机。随着固态部件成本的降低，这种趋势将在未来变得更加明显。本节将讨论交流感应电动机的转矩、转速、换向以及再生制动这些对于电动汽车使用者来说非常重要的性能。其他交流电动机不适用于电动汽车驱动，本书不再进行介绍。

➤ 单相交流感应电动机

回顾之前介绍的通用直流电动机，当将其和单相交流电源连接时，电动机的运转几乎没有区别，这是由于通过改变电压极性，同时改变了电枢电流和磁通的方向，电动机正常启动并且旋转方向不变。但是通以单相交流电的感应电动机却不是这样的，在启动时，没有净转矩（更准确地说，两个反向转矩是平衡的）作用于静止的转子导体上。然而一旦手动转动转轴，定子中的电流产生的旋转磁场切割转子上的旋转导体，并由电磁感应产生感应电动势，转子中产生感应电流流过定子中的旋转磁场。

如何解决上述问题呢？方法如图 6-8 中下图所示。通常在如动力风扇、水泵、车间电动机等较小的电动机中，最常见的方法是使用分相感应电动机或其衍变设计。为了最大化两个绕组之间的电相位差，使起动绕组相对于运行绕组的电阻更大，感应更低。为了减少过多的功率损耗以及电动机启动和运行后可能的温升，可以通过对起动绕组串联一个安装在转子上的离心开关，待转速达到同步转速的 3/4 时将起动绕组断开。

➤ 多相或分相交流感应电动机

多相意味着“不止一相”。交流电是电力配电的主流模式。在我们的家庭中和办公

室里最普遍使用的是由电线杆上的三相变压器转换的单相 208 伏交流电，其在发达国家几乎每个城市都得到了广泛普及。

固定三相感应电动机本身是可以自启动的、高效的，并且所需电力可方便获得。如果感应电动机零负载启动，将很快达到比其同步转速仅少不到 1% 的转速。当施加载荷时，转速下降，从而转差率增加，转矩增加以满足增加的负荷直至满载转矩范围，并且远远超过最大转矩值（一般为额定转矩的 350%）。

感应电动机的转速和转矩相对来说比较容易确定。Metric Mind 公布的交流感应电动机基本参数见表 6-1。

表 6-1 Metric Mind 公司的交流感应电动机

项 目	电机型号								
技术参数	200 ~ 75 瓦	200 ~ 100 瓦	200 ~ 125 瓦	200 ~ 150 瓦	200 ~ 175 瓦	200 ~ 200 瓦	200 ~ 225 瓦	200 ~ 250 瓦	200 ~ 330 瓦
额定功率 (S1)/ 千瓦	9	12	15	18	21	24	27	30	40
额定转矩 / 牛米	30	40	50	60	70	80	90	100	130
尺寸 “A” / 毫米	216	241	266	291	216	341	366	391	471
尺寸 “B” / 毫米	18	18	18	18	18	20	20	20	20
质量 / 千克	34	38	41.5	49	54.7	60.5	66.7	73	79.5
额定转速 /(转 / 分钟)	2850	2850	2850	2850	2850	2850	2850	2850	2850
最大转速 /(转 / 分钟)	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000
冷却方式	水冷	水冷	水冷	水冷	水冷	水冷	水冷	水冷	水冷
减速箱和变速器	可用	可用	可用	可用	*	*	*	*	*
悬置数量	3	3	3	3	4	4	4	4	4

* 开发中
来源：www.metricmind.com/wp-content/uploads/2011/09/200_series_motors1.jpg.

感应电动机的换向和再生制动相对来说也是比较容易确定的。如果你反接定子绕组电源的相序（如反接其中的一个绕组），定子中的旋转磁场将反向旋转，电动机产生负转矩并进入发电状态，电动机将会很快停止并反向运转（图 6-9）。

再生制动（将动能转换为电能）在感应电动机中是容易完成的。再生制动能量用来制动（使发电机的稳定工作点沿转差曲线下降）和产生电能（立即在发电区域以负转差率运行并为电源提供能量）。

多相交流电动机特性及其结构分别如图 6-10 和图 6-11 所示。

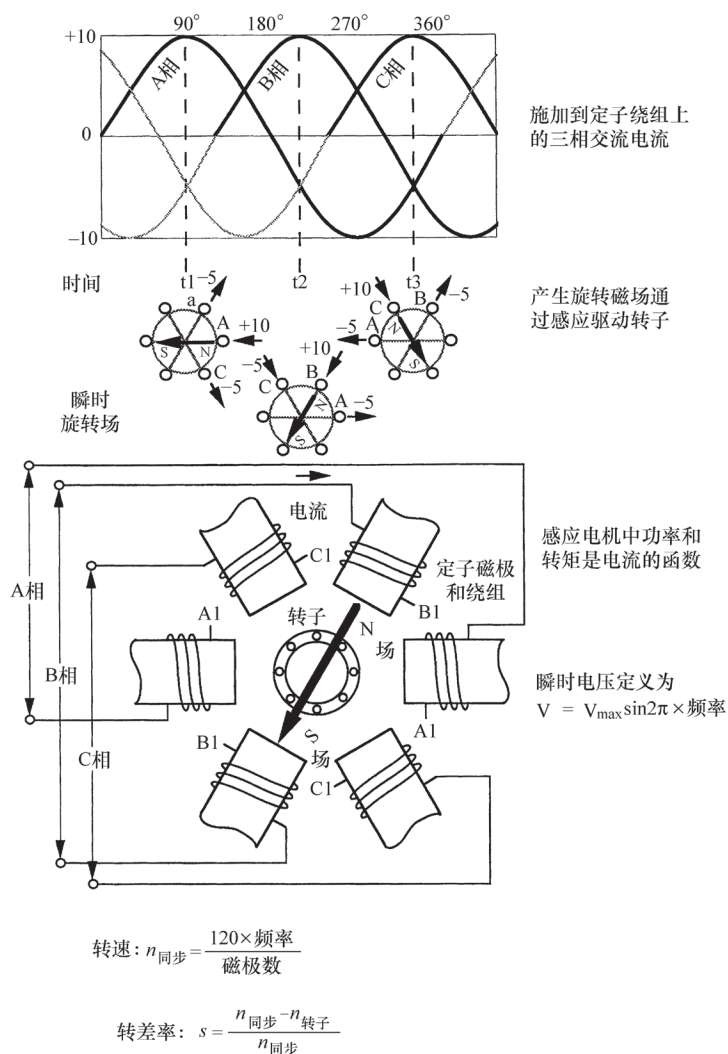


图 6-9 多相交流电动机运转方式总结

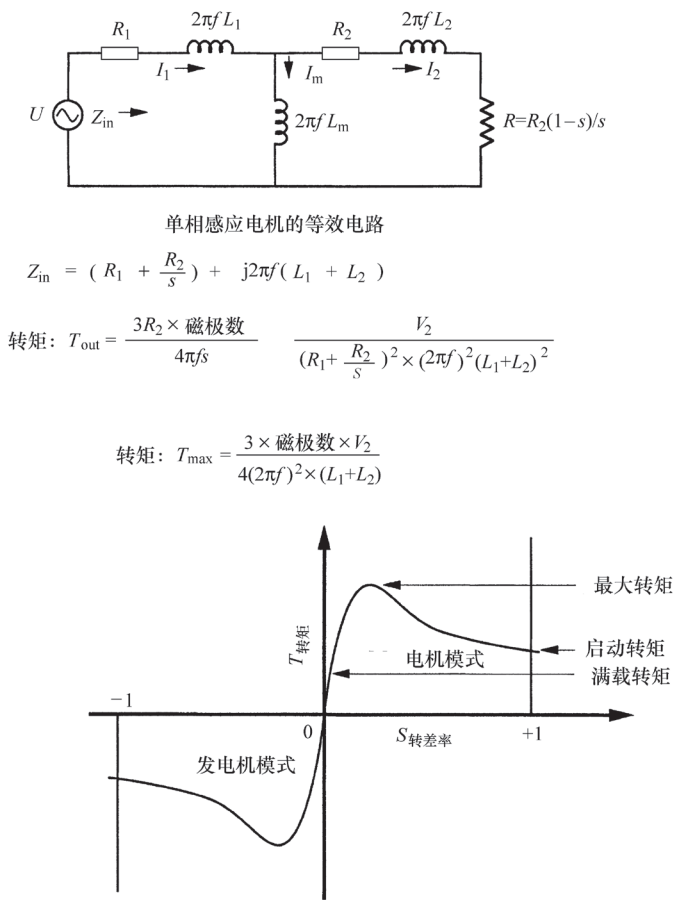


图 6-10 多相交流电动机在不同电压和频率下的转速、转矩和转差率特性

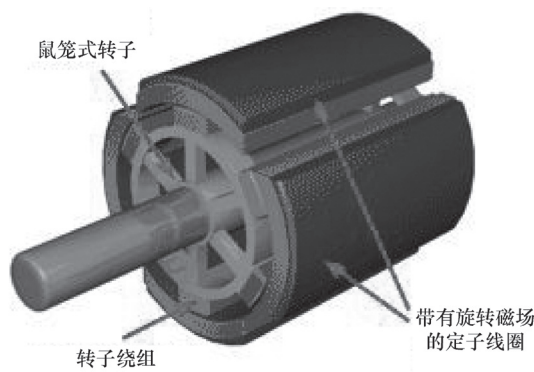


图 6-11 交流电动机

➤ 绕线式感应电动机

绕线式转子绕组由集电环引出，绕线式相对于笼式的优点是其可以通过电阻控制来调节电动机的转速和转矩特性。提高电阻值可以得到最大转矩以发挥更大的作用。通过这种方法，绕线式感应电动机有更好的起动性能和调速性能，但是其结构复杂，成本高。

当我在完成本书的这个版本时，我注意到 Commuter 汽车公司生产的 Tango 电动汽车使用了 FB1-4001 电动机。我和该汽车公司的创始人兼董事长 Rick Woodbury 就电动汽车的现状讨论了一个多小时。其中最重要的一件事就是他告诉我本书的第一版曾经帮助他设计了这款汽车。也就是说，“如果没有这本书，就不会有 Tango 电动汽车。”我非常荣幸本书的初版能为电动汽车产业作出如此贡献。

Tango 电动汽车的驾驶者中比较有名的一位就是 George Clooney，图 6-12 所示为 George Clooney 和他的 Tango 电动汽车。图 6-13 所示为新型串励直流电动机的剖视图。正如我在第二版中所述，希望 Clooney 甚至 Leonardo Dicaprio 的参与，以及 Tango 或其他电动汽车优越表现能够帮助 Rick 和其他更杰出的电动汽车公司创造出更多属于自己的电动汽车。坚持，Rick！加油！



图 6-12 George Clooney 和他的 Tango 电动汽车

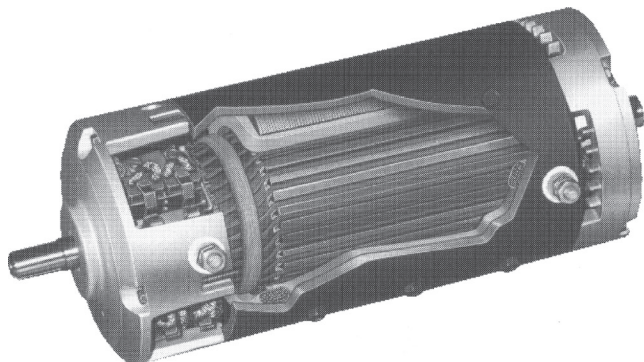


图 6-13 新型串励直流电动机的剖视图

从声誉好的卖家购买直流或交流电动机的另一个好处，就是能够获得曲线图表和数据以帮助我们更好地改装电动汽车。这里有更好的解决方案，但是再生制动对于电动汽车改装并不是十分重要（第 10 章详述），并且已经有可用的配套控制器。我需要的是以一个便宜的价钱得到一个性能中等的产品。本书可以帮助电动汽车潜在改装者成功完成第一次改装工作。

6.8 未来最好的电动汽车电动机解决方案

交流电动机固态电子控制器技术的进展将会推动交流电动机在未来电动汽车改装应用方面的快速发展。相较于直流电动机，交流电动机本身更高效、坚固和经济。其至今还不能得到广泛应用的原因在于控制器，这将在第 7 章中介绍。

“未来的最好的电动汽车电动机解决方案是什么？”图 6-14 有简要的介绍。

未来理想的电动汽车具有以下特点：

- 质量轻
- 流线型设计
- 简单的传动系统（一种或两种速度）
- 直流电动机用于起动
- 交流电动机用于（2400Hz）车速在 30 英里 / 小时以上
- 高频零件
- 96 伏的直流电动机
- 400 伏三相交流电动机
- 配套的控制器和电动机阻抗

让我们进一步了解。

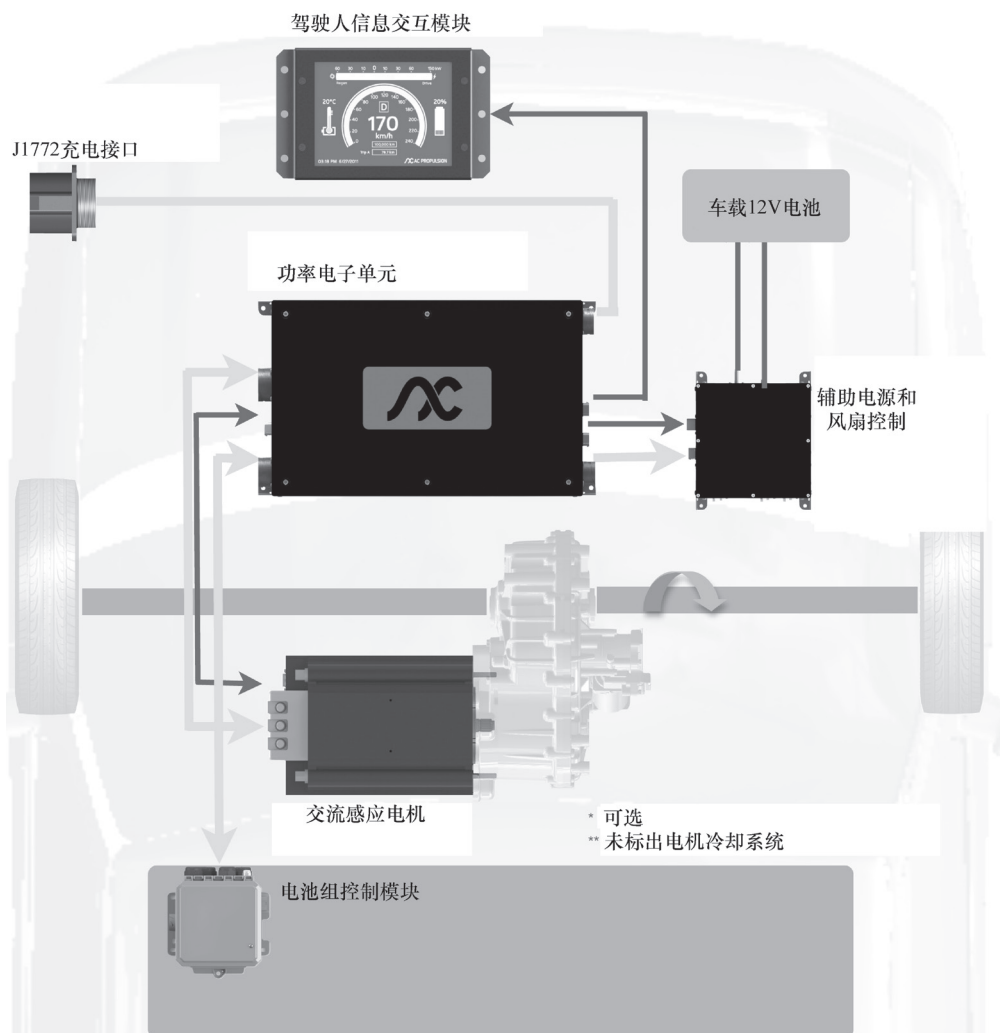


图 6-14 AC Propulsion 公司的 LCM-150(液冷电动机)

➤ 交流电动机：ElectroAutomotive 公司的 HiPer Drive

西蒙公司对交流电动机的研发已经将近 50 年，它促使了从家用电器电动机到高尔夫球车电动机的发展，并且扩展到乘用车使用的高性能交流电动机。此系统现在被称为高性能电动汽车系统（HPEVS），并且该公司将其命名为 Hiper Driver。该系统不同于传统的电动汽车交流驱动系统的地方在于其不需要高电压，这就节省了额外的蓄电池费用，减少了电池的布置空间和质量。汽车质量越小，意味着动力性能越好。

Hiper Driver 电动机主要特征：

- 高效的无刷设计
- 再生制动

- 紧凑的、轻量化结构
- 低旋转损失
- 低电阻
- 高可靠性
- 一个 1 1/8 英寸的带花键槽的轴

以上就是具有电动机、控制器以及充电机的集成驱动系统，所有配置都是制造商为你的电动汽车改装所定制的。因此，需要明确以下信息以确定订单：

- 电动机旋转方向（标准为 CCW）
- 电池组总电压
- 电池的品牌和型号

如果你选用的不是常规电池，则需要告知该公司明确的技术参数。

➤ 电动机的额定值

由于功率随电压和电流变化，并且峰值功率远高于长期运转的额定值，因此称“10 马力电动机”或“15 马力电动机”是不准确的。电动机和汽油机之间的区别也易使人混淆，这是由于电动机是在负载情况下得到长期运转的额定值，而汽油机是在没有附加载荷情况下测得最大功率值以确定额定值，例如，水泵或交流发电机。电动机应该以其名称或型号精确地定义。Hiper Driver AC50 电动机适用于整备质量（而不是总车重）在 2000 ~ 2500 磅范围的汽车。

技术参数

长度	18.16 英寸
直径	8.98 英寸
重量	115 磅
最高效率	90%
电池组标称电压	96 ~ 108 伏
转矩最大值（磅英尺）	90（3000 转 / 分钟时）
最大转速（转 / 分钟）	6500
最大功率	52（96 伏）
	60（108 伏）

如图 6-14 所示，HPEVS 的 AC 35 型号的电动机设计用于多功能和轻型汽车（直到 2250 磅），可以达到 60 马力和 130ft-lb 的转矩（图 6-14），并可以根据需求配置不同的参数。该电动机的质量在 85 磅左右。

以下是该电动机典型应用列表：

- 多功能汽车
- 轻型汽车
- 摩托车
- 矿车
- 水泵

该电动机可以做成密封的也可以是非密封的。

调整

电子或机械系统在调整后能够达到更高的性能。赛车制造时首先要到达平均性能，然后再调整以及校准使其到达最佳性能。你的电动汽车就做不到这些吗？使电动机的阻抗与控制器匹配以获得最大的功率传输，并且其余方面也要仔细检查确认。

简单化

实现这种方法的最简单的控制器是什么？你甚至需要使用固态电子器件的设计么？最少可以使用多少电池？能有什么创新？你能够简化传动系统么？能够优化轮胎么？你可以从这些问题中受到启发。

6.9 小结

目前，交流电动机和永磁无刷直流电动机由于其高达 98% 的效率、安静运行以及基本无须任何维护的优点成为可实用的最好的技术。两者各有优缺点，在未来的几年见证这其中的一者成为新的标准将是十分有趣的。

图 6-15 所示的交流电动机和控制系统，其特点是装有 Azure AC24 电动机带有可选装的 AT1200 变速器，该变速器内部集成了差速器。该系统的设计是出于前驱紧凑型轿车的考虑。车辆改装十分简便和快捷，这是由于该电动机 / 变速器组件很容易取代很多前驱紧凑型汽车中的发动机和变速器。如果你对该产品感兴趣，你可以联系 Azure 公司，Beth Silverman 小姐可以为你提供帮助。

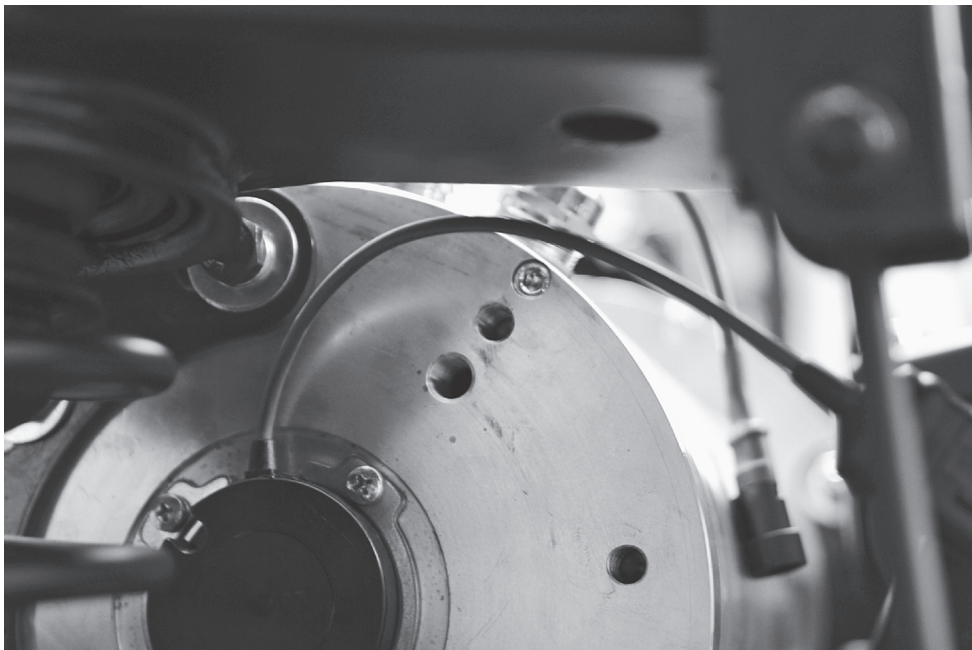


图 6-15 Azure AC24 电动机，其带有一个可选装的 AT1200 变速器（内部集成了差速器）

特斯拉汽车公司和丰田汽车公司打算在电动汽车发展上合作， 由丰田对特斯拉进行投资

特斯拉和丰田汽车公司宣布他们将在电动汽车、零部件、生产系统以及工程支持方面进行合作，并决定成立一个专家小组以推动该合作。丰田汽车公司已经同意购买 5 千万美元特斯拉公司由私人配售发行的普通股，以在特斯拉目前的首次公开发行收盘后立即收盘。

“我感到特斯拉技术无限的可能性以及其对于 monozukuri(丰田的制造方法)的贡献。”丰田汽车公司总裁 Akio Toyoda 说道，“经过这次合作，通过和像特斯拉这样的企业开展风险投资，丰田意愿学习特斯拉公司的挑战精神、快速决策以及灵活性。数十年前，丰田也是风险公司出身。通过和特斯拉的合作，我希望丰田所有的员工能够回想起‘风险公司精神’，并迎接未来的挑战。”他继续道。

“丰田公司的建立是基于创新、质量以及致力于可持续交通。丰田公司对特斯拉投资和合作是我们的荣誉和对我们技术的强力支持。”特斯拉的 CEO、共同创办人艾伦·马斯克说道：“我们希望能够从丰田的传奇般的工程、生产以及产品专业性中学习和收益。”

自从 1937 年建立开始，丰田就确定了“通过汽车生产贡献社会”的经营理念，

并且生产的汽车受到了全世界很多消费者的喜爱。丰田在 1997 年推出了第一代 Prius 混合动力汽车，并在此后的 12 年成产了近 250 万辆。丰田还对插电式混合动力汽车（PHEV）进行了租赁，其可以利用家用插座等外部电源进行充电。

特斯拉的目标是通过不断降低电动汽车的成本，使普通消费者越来越能够负担得起电动汽车。位于加利福尼亚州 Palo Alto 的特斯拉公司为北美洲、欧洲和亚洲的消费者提供了 1000 辆 Roadster。特斯拉设计并制造电动汽车及其传动系统部件，是美国目前唯一连续生产和销售可在高速公路行驶的电动汽车的汽车制造商。特斯拉 Roadster 相较于大部分跑车加速性能更好并且无排放。特斯拉的售后服务人员通过电话可为 Roadster 提供技术服务。

华尔街日报：特斯拉电动跑车比保时捷 911 更快

随着汽车市场预期的特斯拉 Model S 电动轿车的到来，关于该车型的信息也不断涌出。大量报道称，特斯拉老板 Elon Musk 在周末宣布其将要销售该车的高性能版车型。

据报道称，马力增强的 Model S 由静止加速到 60 英里/小时仅需要 4.5 秒，比 2011 款手动变速器的保时捷 911Carrera 快 0.2 秒。如果定制保时捷公司的可快速换挡 PDK 自动变速器，则可以达到特斯拉 0 ~ 60 英里/小时 4.5 秒的加速性能。

保时捷 911 的这些车型包括 Carrera S、GT3、Turbo 可以更容易的超过特斯拉，但是最重要的是该大型轿车能和保时捷、Corvette 和奥迪 A8 等其他强有力的运动型汽车并驾齐驱，它还以电力作为性能特征，不仅仅只是省油。甚至基本款 Model S 也能够仅用 5.6 秒由静止加速到 60 英里/小时。

该车型将推出 2013 款，初步价格定为 5000 美金，特斯特公司称，Model S 的续航里程取决于消费者所选择的电池容量，其最高能够达到 300 英里。

这些产品和 AC Propulsion Motor 公司 AC-75、AC-150 或者 LCM-150（水冷电动机）十分相似，这些电机能输出的最大功率分别为 75、150 和 150 千瓦（水冷电机的额定功率为 100 千瓦）。这些驱动系统是为轻量化的乘用车和商用车所设计的。

宝马 ActiveE 的电动机

宝马 i3 概念车的电动机最初是为城市工况设计的，功率为 125 千瓦，最高转矩为 250 牛米。通常，电动机在零转速时就可达到最大转矩，相较之下，内燃机发动机的转矩要随着转速增加而增加。这使得宝马 i3 概念车高度灵活并具有非凡的加速表现。宝马 i3 概念车由静止加速到 37 英里/小时的加速时间少于 4 秒，到 62 英里/小时的

加速时间少于 8 秒。

与此同时，在很大的转速范围内都能得到足够的转矩，使功率输出平稳。单速变速器为后轮提供最佳动力传动并使宝马 i3 概念车在电子控制下加速到 93 英里 / 小时而不会有功率损失。电力驱动还能通过减速踏板完成减速，将动能转化为电能并回收为蓄电池充电。能量回收产生的制动作用使汽车减速。

滑行工况时使用独特的“单踏板控制”来加速或减速，可以使驾驶人更容易使用。当驾驶人放松踏板，电动机的零转矩控制使传动系在此情况下保持断开，此时汽车由于存在动能，可使其在不消耗能量的情况下滑行。

电动机无处不在

观察你的家你就会发现电动机无处不在，下面是一个有趣的尝试，数出你家中所有你找到的电动机，从厨房开始，电动机存在于：

- 烤箱和微波炉中的风扇
- 搅拌机
- 开罐器
- 冰箱（实际上有两到三个，一个用于压缩机，一个用于冰箱风扇，一个用于制冰装置）
- 搅拌器
- 答录机的磁带放音机
- 甚至于烤箱的计时器

在杂物间，电动机存在于：

- 洗衣机
- 烘干机
- 电动螺钉旋具
- 吸尘器
- 电锯
- 电钻
- 鼓风机

甚至在浴室，也有电动机存在于：

- 风扇
- 电动牙刷

- 吹风机
- 电动剃须刀

汽车上也存在电动机：

- 电动车窗（每个车窗有一台电动机）
- 电动座椅（每个座椅最多有7台电动机）
- 加热器和散热器风扇
- 刮水器
- 起动电动机
- 电动无线电天线

此外，电动机以各种方式存在于其他地方：

- 录像机
- CD 播放器或磁带机
- 很多在电脑中（每个磁盘驱动器有两个或三个，再加上有一到两个风扇）
- 大部分可移动的玩具至少有一台电动机，甚至包括可振动的 Tickle-Me-Elmo（一种毛绒玩具）
- 电子表
- 车库门遥控开关
- 水族馆水泵

在我的家中，我在各种设备中找到 50 台电动机。各种设备都通过电动机完成其运动。

控制器是电动汽车的另一个关键部件。如果说电动汽车的某一方面能够使人们对其重新燃起兴趣，那就是控制器。一旦通电，控制器将立即启动和运行，这对于电动汽车的早期爱好者来说只能是个梦想。将来，电动机的控制器会变得更小，效率更高。由于电动机可以受益于技术发展所带来的进步，未来的电动机将可能分布于各车轮中。

控制器从蓄电池中获得能量并分配给电动机。加速踏板连接一对电位器（可变电阻），这对电位器为控制器提供信号并通知其应提供多少能量。控制器可以提供零功率（汽车静止时）至满功率（驾驶员将加速踏板踩到底时）及其之间的任意功率值。

不同于电动机有各种选择，控制器的选择更加简便并且由你所使用的电动机、所购买或改装的电动汽车以及预算的多少所决定。本章将介绍不同类型的控制器以及它们的工作原理和优缺点。然后将会介绍当下最适合于你的电动汽车的控制器类型（该类型应用在第 10 章介绍的改装车中），以及未来你可能遇到的电动机控制器类型。

7.1 控制器概述

电动汽车的核心是以下几部分的结合：

- 电动机
- 电动机控制器
- 电池

当你打开发动机盖时，最先看见的一般都是控制器，如图 7-1 所示。在该汽车中，电池组为控制器提供 300 伏直流电，然后将其转变成最高 240 伏的三相交流电，输出给电动机。通过使用大功率晶体管，电池可以迅速使电压开通和关断。这就形成了一个正弦波。当踩下加速踏板时，一条导线连接踏板和两个电位器，电位器给控制器提供信号并

通知其应该为电动机提供多大功率。为了安全起见设置了两个电位器。控制器从两个电位器读取信号并判断两个信号是否一致，如果不一致，控制器将不起作用。这种布置是为了防范一个电位器在全开时失效的状况。

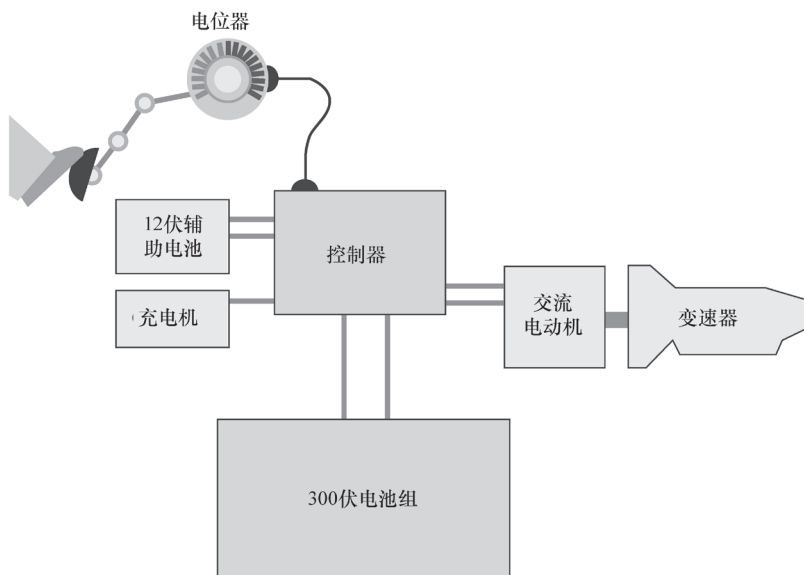


图 7-1 电动汽车中与控制器相连的部件

使用 6 套功率晶体管，控制器将 300 伏直流电转变为 240 伏三相交流电。另外，控制器还为电池提供充电系统和一个 DC/DC 变换器为 12 伏的辅助电池充电。

大部分控制器脉冲功率超过每秒 15 000 次以保持脉动在人类的听觉范围之外。脉冲电流使电动机壳以其频率振动，因此脉冲超过每秒 15 000 次以使控制器和电动机相较于人耳没有噪声。

交流控制器更加复杂，但是其原理是一样的。控制器产生 3 个正弦波，这是通过控制电池的直流电压的开通和关断形成的。在交流控制器中还需要每秒 60 次使电压极性反向。因此，一个交流控制器实际上需要 6 套晶体管，然而直流控制器只需要一套。在交流控制器中，每相需要一套晶体管来产生脉冲电压，另一套使电压极性反向。对于三相，则需要 6 套晶体管。

你现在可以放松一些。在第 6 章大量有用的方程的基础上，控制器有更多的方程式，但是我们可以把这些留给控制器的开发者。本章的目的是为读者作简要的控制器背景介绍，以帮助读者更有条不紊地使用电动汽车控制器。

简而言之，控制器就是电动汽车的大脑或计算机，该计算机“控制”电动机的性能。

控制器和电动机的协作可使电动汽车在 6 ~ 7 秒之内从速度为零加速到 60 英里 / 小时。控制器控制手动或自动变速系统实现起动、停止、前进或后退、速度控制、调节或限制转矩以及防止过载或故障。

在本书的网站 (Build Your Own Electric Vehicle.Word Press.com) 上有一些现成的控制器销售资源, 你可以为自己的电动汽车选择合适的控制器。从信誉好的公司购买安全可靠的控制器是首要大事。

控制器和电动机正确匹配才能提供合适的电压。电动机磁铁的质量和电刷的尺寸决定了功率和转矩。你可以从多种渠道以优惠的价格购买到可靠的控制器。

电动机控制器使用微处理器驱动前置放大器, 利用功率放大器控制电池传递到电动机的功率, 并利用各种各样的反馈传感器监测系统的运行。

➤ 固态控制器

固态控制器在所有类型的电动汽车中已经使用了几十年, 可以方便地买到现货。它基本上是一个四层固态电流控制装置, 使用的是固态开关或可控硅整流器 (或可控半导体整流器)。可控硅整流器 (SCR) 是通用电气的商品名称。SCR 是由 Robert N.Hall 领导的电气工程师团队开发的, 并由 Frank W. Bill Gutzwiller 在 1957 年进行了商业化。晶体管包括金属氧化物半导体场效应晶体管 (MOSFET) 以及绝缘栅双极型晶体管 (IGBT) 取代了开关控制器中的机械开关。这在低电压控制器中更为常见, 主要是由于低电压 MOSFET 具有非常低的导通电阻 (因此功率损耗小)。由于 MOSFET 的功率损耗与电流的平方成比例, 其在低功率时效率高。当其温度升高时, 阻值也增加, 因此当并联使用时易于自动平衡负载。IGBT 在某种程度上像双极晶体管和场效应晶体管的混合型。IGBT 有一个稳定压降使其比 MOSFET 在高功率时效率更高, 虽然它在低功率应用中通常效率较低。和所有双极晶体管一样, IGBT 的一个缺点是易于热击穿, 而且并联使用时不能平衡负载。同样地, IGBT 控制器也需要较好的冷却系统 (一般采用液体冷却) 和 / 或匹配的晶体管以防止不平衡。

➤ 电子控制器

电子开关相较于机械开关而言, 开关的转换更快并且没有磨损。控制器控制它们快速开关 (每秒数千次), 以使电动机获得平均电流而不是峰值或零值, 这就是“脉宽调制 (PWM)”。PWM 控制器价格适中, 各种大小一应俱全并且可实现平稳、无级的

电动机控制。

➤ 交流控制器

带有固态逆变器的交流电动机是目前可应用的电动机中最复杂的，该类型电动机主要应用于性能比成本更重要的高档电动汽车。一个交流感应电动机或交流 PWM 电动机（常称为无刷直流电动机）由逆变器将电池直流电压转变为变频三相交流电来驱动。新型电动跑车例如特斯拉 Roadster、保时捷 911 电动改装版或 Café Electric 及所有近期生产电动汽车的公司使用的都是交流驱动系统。和现代内燃机一样，这些交流控制器十分复杂和昂贵，但是可以提供最高级的功能（例如巡航控制和再生制动）以及最佳的总续驶里程。

7.2 控制器的选择

高可靠性、高性能、低成本是电动汽车控制器选择时需要考虑的关键因素。你可以选择其中一点或两点，但是不能同时满足这三点。例如：

- 高可靠性和高性能意味着高成本（Café Electric 的 Zilla 控制器；零故障；300 伏，2000 安，3500 美元）。
- 高性能和低成本意味着低可靠性（Logicsystems 重新组装的 Curtis 控制器；故障率高；156 伏，1000 安，1500 美元）。
- 高可靠性和低成本可能意味着低性能。

如果你曾驾驶过电动汽车，就会发现大部分电子控制器并不是模拟普通内燃机汽车的加速踏板的响应。这样是不可取的。大部分内燃机汽车的节气门响应无法预测并且差别很大：一些汽车稍微一碰加速踏板就会猛地前冲，另一些则会缓慢前行；进一步推进加速踏板，车速根据给定踏板位移量的增加量变化差异很大；在一些汽车中，中节气门和全节气门之间几乎没有任何区别，而在另一些汽车中就是 30 英里 / 小时和 120 英里 / 小时之间的差别。这里总是有一个明显的延迟。汽车不会滑行，放松踏板会产生多变的发动机制动。人们只是习惯于这些巨大的差异而已。

电动汽车控制器的加速响应是完全不同的，它是完全可预测、可重复和即时的。大部分人只能重新学习了解电动汽车加速的期望响应，发现其确实优于内燃机汽车。电动机控制器一般控制电动机的电流和电压，从零到最大值，是加速踏板位置的直接函数从零到最大值，（例如，中等加速踏板位置意味着一半的电压和电流）。电动机不

需要怠速，因此松开踏板意味着电动机关闭。踩下加速踏板到一个确定的位置即产生一个确定的电动机电压，这就意味着一个确定的速度。踩住踏板就会产生一个恒定的加速度。松开踏板，电动汽车仅是滑行（除非有再生制动，这种情况时你可以确定电机在干什么）。

► 现货供应的柯蒂斯 PWM 直流电动机控制器

十年前电动汽车改装可能还仅仅是梦想，如今你却可以打电话从众多制造商中的任意一个订购一款全新的直流或交流控制器。几天后你就可以拥有一台控制器并将它安装好，和电动汽车的电线连接，然后通过踏板控制它，第一次工作就能够起动和运转的概率几乎为 99%。

和串励直流电动机一样，如今直流控制器也可以很容易地从很多渠道得到，其工作性能良好，大部分为 PWM 类型，很容易安装到不同的汽车中，并且价格合适。市场上采购的 PWM 直流电动机控制器虽然不是终极版，但是已非常接近于目前最好的解决方案。更重要的是，如今对于大部分电动汽车改装者、制造商或者维修人员来说，可以很容易地得到。在第一次改装或制造后，你将成为社区里公认的天才。一旦知道什么是真正喜欢的，你就可以弄出更多的花样。

此处推荐的直流 PWM 控制器来自柯蒂斯 PWC，它是位于纽约 Mt. Kisco 的柯蒂斯仪器公司的一个部门。和电动机一样，不要对这里提出的控制器做过多的解读。柯蒂斯只是在网络资源指南列表中众多控制器制造商中的一个，而推荐的控制器类型也只是该公司制造的众多产品之一。

我们已经熟悉柯蒂斯 PMC 1221B-7401 型直流电动机控制器（图 7-2），它是 PWM 类型控制器，具有以下特点：

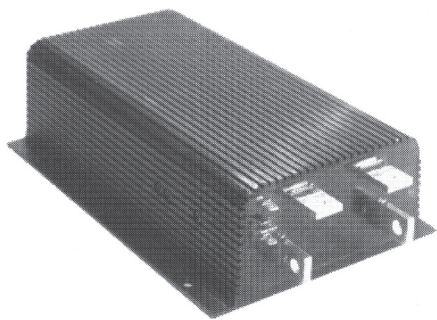


图 7-2 柯蒂斯 PMC 1221B 型直流电动机控制器

- 基于 MOSFET 技术
- 15 千赫兹恒定开关频率
- 外置 5 千欧姆电阻的限流电位器
- 自动电动机限流
- 在 75 ~ 95℃ 时过温电流削减
- 踏板锁定（防止意外起动）
- 间歇式反接制动
- 过压和欠压保护
- 用户可调整电动机电流限制、反接制动电流限制以及加速
- 防水散热器壳

该控制器可以和 FBI4001 型串励直流电动机在性能上实现良好匹配，尤其是在阻抗方面（正如之前介绍的其对于峰值功率传递十分重要）。如果觉得柯蒂斯 PMC 直流控制器的性能听起来很熟悉，这是由于它们使用的是在本章之前所介绍的 PWM 集成电路（IC）技术并具有其所用优点。第 6 章关于信誉良好的供应商的评价在此处仍然适用。

控制器的安装和连接都是轻而易举的事情。如果仔细观察控制器端子，就会发现 有 M-、B-、B+ 以及 A2 的标志（正对端子在左下角以顺时针列出）。你已经知道前三个与端子柱上的 -Mot、-Bat 和 +Bat 相对应。A2 标志代表“Armature 2”，是电枢上与 A1 相对的另一端，通常电枢绕组 A1 端与电源正极或 B+ 端子连接。如果需要了解更多，则可以阅读随控制器附带的柯蒂斯 PMC 手册。

➤ 交流控制器

尽管复杂，交流控制器仍以绝对的优势而成为一个赢家。一般来说，交流控制器需要更多的防护装置以隔离噪声，然而直流电动机相较于交流电动机噪声更大。

由第 6 章可知，三相交流感应电动机的转速与转矩关系由定子绕组的电压的振幅和频率决定。改变交流感应电动机转速最好的方法是改变其定子绕组电压的频率。频率的变化直接导致转速的变化，如果与电压成比例（都以 1/4、1/2、3/4 等）改变频率，则可以得到转速 - 转矩特性曲线。

已知不变的电压和频率的比率，可以通过矢量数学和查表的方式计算在任意输入电压、频率下的电压、电流以及输出转矩之间的关系。简言之，如果输入你需要的转速和

转矩给某种“智能盒”，它可以提供产生合适的电动机控制信号所需要的电压和频率。

7.3 当今最佳的控制解决方案

如果已经阅读了第6章关于电动机的内容，就会知道本书推荐的当今用于电动汽车改装的可供选择的最佳电动机是串励直流和交流电动机，你必须判断使用哪一种。在电动机领域所提供的建议在控制器中同样适用：如果有人告诉你对于一个给定的应用只有一种控制器解决方案，那么请问另一个人。和电动机一样，因为有各种类型的控制器，所以对于任意应用都可能有三四种控制器适用。同样，和推荐的电动机一样，此处推荐的控制器不是绝对的解决方案——它只是恰好在这种情况下最好的解决方案。

虽然直流电动机和PWM控制器毫无疑问是当今电动汽车初次改装者最好的选择，但是本书更偏爱交流电动机和控制器。但是直流控制器是当今最好的电动汽车技术之一。一方面，交流感应电动机与相应的直流电动机相比，效率更高，更坚固，成本更低。这就意味着，对于给定的电池组能够有更长的续驶里程，故障率更低，并且故障发生时功能降低的可能性更小，但不是指花费更少！其成套组件并不便宜，电动机自身而言也不便宜。这些好处都是需要代价的，这也是为什么几乎每个商用电动汽车的新车型都使用一个或更多交流感应电动机或与其相近的无刷直流电动机。

电动汽车的新车型都不使用直流驱动。然而，一些改装车仍使用直流控制器，直流控制器便宜，非常适用于有预算紧张的改装车。再强调一次，直流电动机对于改装车来说更加便宜。

如今仅存在于实验室的事物在不远的将来就能应用到我们的生活中，除此之外，将来固态交流控制器技术的不断改进能够使交流电动机应用于每一辆电动汽车。事实上是通过系统和部件的两方面的发展来保证这一结果。

Café Electric 是位于俄勒冈州科瓦利斯的一家小型制造公司，其任务包括帮助业余爱好者和小型厂家制造质量和集成度日益提高的公路电动汽车。该公司的产品和专长的特性不适用于低速电动车，如，自行车、社区电动车以及手推车等。

通过支持业余爱好者，我们推动了电动汽车的发展，尤其是在三大汽车集团认为这件事是不可能被完成的时候。我们尽最大的努力来支持我们的顾客，我们通过设计、改进、生产以及销售电子设备来提高电动汽车的安全性和性能，同时又可以让普通消

费者负担得起改装电动汽车的费用。当时，我们提供的电子设备范围仅覆盖电动机控制器及其接口，但是我们其他的几个项目也正在进行中。由于对这项事业的执著，我们努力地平衡成果与成本的比率。相较于想要获得研发投资和间接费用的回报的传统公司，我们认为通过这样我们可以以更低的价格提供小批量的生产部件。

► Zilla 控制器（适用于改装的最佳直流控制器之一）

如图 7-3 所示，Zilla 控制器是迄今为止适用于电动汽车的最流行、功效最好的电动机控制器。除此之外，Zilla 还具有高功率密度的优点。Zilla 被改装专家和电动汽车领域相关人士评为市场上最好的控制器之一。该控制器能为电动汽车提供一个不同于其他市场上的电动汽车的惊人的加速和转矩特性。



图 7-3 Z2K-HV 型 Zilla 控制器

毫不奇怪，世界上所有最快的电动汽车都使用 Zilla 控制器，而其安全性能使其在实际道路应用中也十分突出。Z1K 控制器由于其优越的特性和较低的价格使其在改装中十分流行。图 7-1 所示为该流行的控制器的参数。

► Zilla 型号

每一个 Zilla 控制器都附带一个多功能 Hairball 2 接口盒。Hairball 是所有较小辅助电路的中央枢纽，负责处理与控制器的通信和可编程参数的调整。该装置具有内置自动预充电功能以帮助保护主接触器免受电弧作用，同时还对主接触器压降或卡住情况进行主动监测。其他功能还包括可编程的电动机电压和电流限制，可编程的电池电压和电流限制，可调节的低电池电压保护以及额外的低电池电压输出显示。设置有两个

速度传感器对两台电动机进行电动机超速限制，并且有一个脉冲输出可以通过与转速计交互来显示瞬时电动机转速。所有 Zilla 控制器运行都需要一个 Hairball。如果需要，可以为你的 Hairball 的选择不同配置。Zilla 套件还包括一条连接 Zilla 和 Hairball 的 3-ft cat-5 电缆、一个连接笔记本电脑和 Hairball 的串行电缆和适配器、一个接触器缓冲二极管、一个短插头、两个高压贴纸以及一个 Zilla 螺钉旋具。用来设置 Hairball 设置值的电脑必须具有一个 9 针式 RS-232 串行端口。假使你的电脑不适用或想要便携的调整装置，该公司在附件部分还售卖一种适用的 Palm Pilot 手持终端。

Zilla 控制器的功率很大，电池很难提供它们所需的高电流，并且电动机也会因此而受到损害。这也是为什么需要合适的工程师来协助你利用公式计算合适的电压限值。本书提供了很多资源，一定要在测试前设置合理的电流限制。具体信息见表 7-1。

表 7-1 Zilla 技术参数

铅酸电池最大额定输入电压范围：72 ~ 348 伏
绝对最大满载输入电压范围：36 ~ 400 伏 *
散热器温度为 50℃时最大电动机电流：Z2K 为 2000 安，Z1K 为 1000 安
200 伏时最大电池电流：Z2K 为 1900 安，Z1K 为 950 安
300 伏时最大电池电流：Z2K 为 1770 安，Z1K 为 885 安
400 伏时最大电池电流：Z2K 为 1600 安，Z1K 为 800 安
连续电动机电流 @ 冷却液温度 50℃且占空比为 100%：Z2K 超过 600 安，Z1K 为 300 安
最大功率：Z2K 为 640 000 瓦，Z1K 为 300 000 瓦
PWM 频率：15.7 千赫兹
功率器件：IGBT
电压降：最大电流时 <1.9 伏

当今可用的高效电池如 A123 公司的 32 系列汽车级锂电子电池，其能量密度更高，可以确保足够的速度和续驶里程。联合使用 A123 电池和 Zilla 控制器可以让你获得高性能驾驶体验。

Manzitta Micro 公司为 Café Electric 公司销售 Zilla 控制器，Manzitta Micro 由 Rich Rudman 和 Joe Smalley 组建。他们两个是爱达荷大学时的室友并成为了好友，都喜爱赛车以及摆弄高性能汽车和电子产品。Manzitta Micro 开始时是一个软盘驱动器服务公司，后来逐渐开始为汽车越野赛车和公路赛车生产计时系统。在 20 世纪 90 年代中期，

Rudman 和 Smalley 找到了一个能融合他们热爱的汽车和电子产品的爱好——电动汽车。

在改装了福特 Fiesta 和打造了属于自己的 2500-A 控制器后, Joe 开始为俄勒冈州布雷默顿的美国海军工作。Rich 在 1978 年改装了自己的福特 Fiesta “Goldie”, 然后开始从事电路板设计工作, 并制定了逆变器和其他医学、海洋电子设备的开发计划。他同时也在西雅图的 Cruising Equipment 公司从事电动汽车电子仪表的原创设计。

随着打造电动汽车经验的增长, Rich 开始致力于研发大功率 Raptor 和 T-Rex 控制器。他还设计和制造了一个驱动系统的原理样机。

在业余时间, Rich 和他的老朋友 Joe 用他们的 Fiesta 进行加速比赛, 同时他们还开展电动水上划艇进行的比赛, 创造了几个电动汽车记录。Rudman 和 Smalley 看到了电动汽车大功率充电机的需求, 以及为广受欢迎的新型 AGM 电池提供良好的电池管理系统 (BMS) 的需求。DCP 搬至俄勒冈州, 后来变成了 Alltrax, Rich 回到了他成长的基萨普半岛, 他和 Joe 完成了 BMS 系统、功率因数校正的充电机、Rudman 稳压器, 它的全系列充电机已投放市场。

Rich 开始在他的汽车修理厂全职工作, 制造和销售新型的电动汽车电池部件。

如今, Manzitta Micro 不断壮大, Rich 现在负责经营三家店, 管理着许多员工, 他和 Joe 仍然每周见面, 着眼于改进现有产品和推出下一个重大成果。2007 年和 2008 年公司快速地成长起来, 并且 Manzitta Micro 开始为 Commuter Cars 公司和 Phoenix Motorcars 公司等提供高性能液冷充电机。同时 Manzitta Micro 还为包括西雅图、塔科马港市、韦纳奇和华盛顿这些城市在内的顾客提供众多可快速充电的插电式 Prius 套件。两个巨大的 75 千瓦“巨人充电机”已经通过测试, 能够在短短几分钟内为电动汽车电池组充电。从快速充电机, 到电池评估和测试, 再到高强度铝合金焊接和金属加工, Manzitta Micro 已为迎接下一代电动汽车需求的挑战做好准备。

Manzitta 的名称来自于离华盛顿州金斯敦市只有几英里的 Manzanita Bay, Rich Rudman 曾在这里长大。Manzitta Micro 的总部现在设立在 Kingston, 已在超过 9 个国家售出超过 1000 台充电机, Manzitta Micro 已经成为世界上重要的电动汽车零部件供应商之一。

➤ WarP-Drive 控制器

WarP-Drive Class (也称为 WarP-Drive 1) 来自于 NetGain Control 公司, 它具

有很多出色的功能，是一款非常适用于轻型到中型大功率直流改装电动汽车的电动机控制器。它的基本单元配置为在 160 伏时额定输出 1000 安，并可以升级为 1200 安和 1400 安以及 260 伏和 360 伏。WarP-Drive 控制器具有 CAN 总线连接功能，这使它具有与第三方硬件方案进行连接的强大功能。

图 7-4 所示为 WarP-Drive Industrial（也称为 WarP-Drive 2）是该公司最新型的控制器，它具有许多出色的功能，能够用于所有级别的大功率直流改装电动汽车。它的基本单元配置为 160 伏时额定输出为 1000 安，并可以升级为 1200 安和 1400 安以及 260 伏和 360 伏。



图 7-4 NetGain Control 公司的控制器

可变直流电压输入 / 输出 这种工业级控制器可以购买到的额定限值分别为 160 伏、260 伏和 360 伏的。可以在任意时间购买升级以允许最终用户来执行升级。该通用性允许消费者从功能丰富的控制器入手并在预算允许的情况下扩展到更高的峰值电压。

可以通过接口模块对输出电压（电动机电压）进行设置以限制电动机的电压，这尤其适用于较高的电动机峰值电压（例如限制电压为 160 ~ 170 伏的 NetGain WarP、ImPulse 以及 TransWarP）。

液冷 市场上最好的控制器都使用水冷方式进行散热。WarP-Drive 使用的是精密

机加工的液体冷却板，连接冷却板也非常容易。该公司还为 WarP-Drive 附带两套定制的冷却配件，这两套配件可以减少安装时间。

温度安全性 WarP-Drive 能从内部防止过热以适应各种温度环境。当使用有效的冷却配件后，温度一般可以控制在 55℃ 以内。但是一些情况会导致温度高于 55℃（如泵损坏）。在 55℃ 时，最大功率输出能力开始减少，在 95℃ 时，电流输出能力为零。

ZAPI

ZAPI 有一系列应用于标准直流驱动电动机的控制器。这些控制器以微处理器为基础，使用最新的固态 MOSFET 技术，包括高频运行、逻辑微处理器、数字调节、故障诊断以及代码存储。该控制器类似于柯蒂斯控制器但是具有更多特性、编程选项以及再生制动。我个人认为这款控制器是十分可靠的。对于 ZAPI 控制器，可以使用一个掌上型基于微处理器的工具来进行调整、测试和诊断。测试仪为电池电压、电动机电压、电动机电流、控制器温度、踏板电压以及运行时间等这些重要的操作参数提供可视化显示。

7.4 电动汽车控制器使电动汽车不再是神话

如今，电动汽车改装专家正在制造市场上最好的电动汽车。每一辆都是一个新的挑战，都是一个新的角度，但是现实是，从小型改装公司如 Cool Green Sheds 或 Electric Vehicles of America，到 AC Propulsion、Nissan、Ford 以及 Tesla，如今在电动汽车领域中我们可以拥有任何我们想要的。

美国制造的 Sevcon 控制器应用于中国的电动载货车

中国澳柯玛电动车辆有限公司选择 Sevcon 作为其新型轻型载货车 A-2 的电动机控制器供应商。针对国内外市场的市政用车，该新型 A-2 轻型载货车由 72 伏、16 千瓦的交流电动机驱动，同时 Sevcon 将为该设立于山东青岛的公司提供具有再生制动技术的 Gen4 数字电动机控制器。

澳柯玛电动车辆 CEO 周黎明说：“Sevcon 控制器的参数可调，这使我们可以调整性能以适应任何特定的载货车类型，从有平台可装货的载货车到厢式货车，完全合适于 A-2 载货车。我们从 Sevcon 收到的客户支持非同一般，并且该公司努力确保控制器能够有效地应用于我们的产品中。”

电力驱动系统使 A-2 的续驶里程高达 150 千米，最高速度超过 50 千米/小时。A-2

可以使用一个 220 伏、30 安的插座在 8 小时以内充满电。当电池充电完成后，车载充电机将安全地关掉。

“我们很高兴能够与澳柯玛公司在新型 A-2 电动载货车项目上开展合作，这标志着有不同的用户需要我们的 Gen4 控制器。” Sevcon 董事长及首席执行官 Matt Boyle 说：“我们相信商用车市场的电动化有着大好的机会，并且希望 A-2 能够同时活跃在中国和国外市场，例如美国。”

A-2 预计将服务于由当地政府经营的市政车队，但是同时也会出口。澳柯玛电动车辆将会运送部分组装的 A-2 载货车到美国，并在那里全部组装好后由加州的一个基地负责销售。更多关于该款控制器的信息，可登录网站 www.sevcon.com 或 buildyourownelectricvehicle.wordpress.com 查看。

7.5 AC Propulsion 公司施以援手

在其他公司还在梦想和讨论的时候，AC Propulsion 已经着手于设计一体化的交流感应电动机和控制器，并将其安装到很多电动汽车原型车中。

在应用于电动汽车和混合动力汽车市场的高性能、高效率及高价值的带有集成充电系统的驱动系统方面，AC Propulsion 立志要成为领先的开发者和生产商。我们致力于提高技术水平、产品质量以及顾客满意度。我们设想着一个由我们的技术领导的既绿色、高效、便利，又不会降低车辆性能的驾驶时代的到来。

➤ AC-150 Gen 2 系统：满足现有轿车需求

如图 7-5 所示，AC-150 系统包括功率电子单元 (PEU) 和交流感应电动机，使电动和混合动力汽车更加高性能、高效率、充电更加方便快捷，同时还有一个可选的 BMS 和驱动程序接口。该系统广泛应用于世界各地的电动汽车，包括标志性的宝马 Mini-E 以及中国台湾裕隆 MVP。

自始至终向另一个方向推动控制杆，而且不使用再生功能，松开加速踏板后，汽车将不断滑行。1992 年，鲍勃·布兰特驾驶一辆 AC Propulsion 汽车跑了一段时间后，我们在散步中讨论了电池（AC Propulsion 的 Honda CRX，使用 28 个常规 12 伏深度放电型铅酸电池，总电压 336 伏）、控制器、充电的基本原理以及临时仪表（用于监控性能）。下面看看如今的技术和电池与 1992 年时的差别。

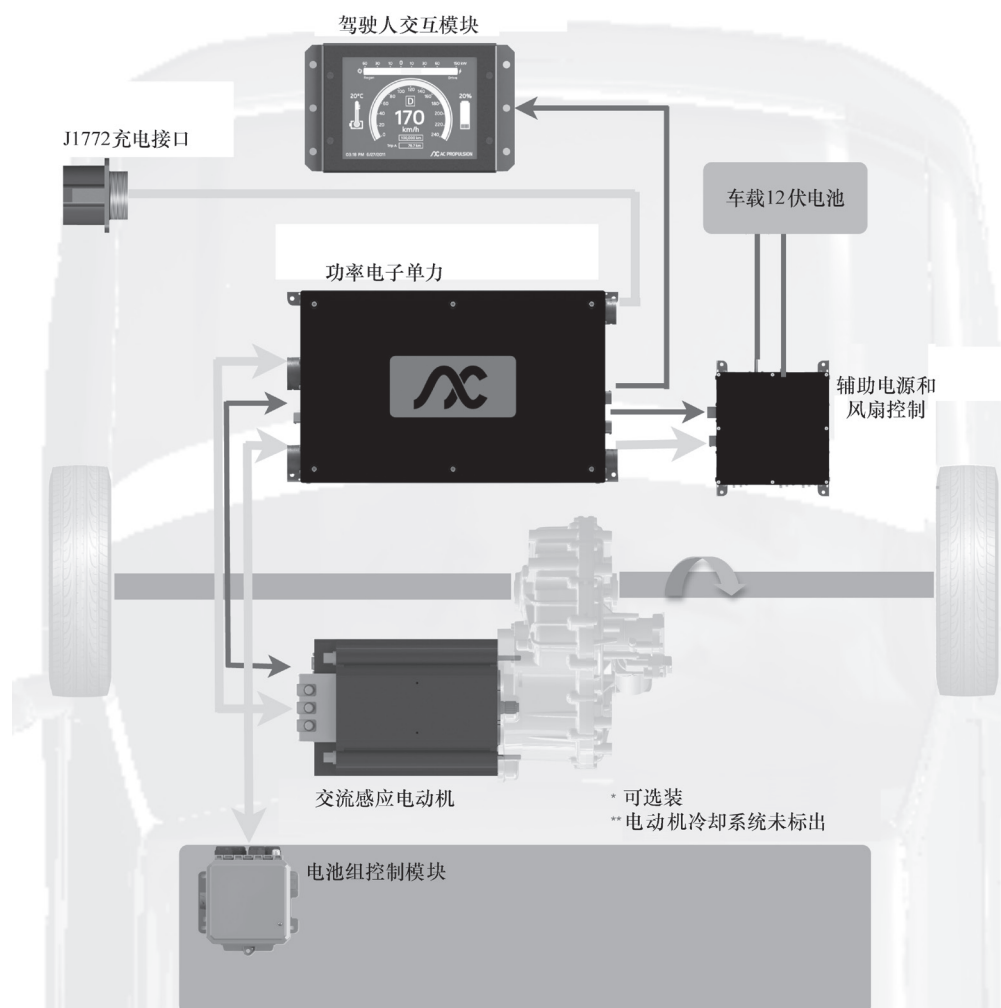


图 7-5 AC-150 电力驱动系统及其部件

➤ AC-150 Gen3 系统：用于下一代电动汽车

计划于 2012 年生产的新型驱动系统的尺寸更小、功能更多。该公司有信心使 Gen 3 系统超越顾客的期望。图 7-5 的数据表所示为第三代 AC-150 系统的新变化。AC Propulsion 关于最新型 AC-150 Gen2 的宣传资料显示：

AC-150 由于其创新的设计和令人惊叹的性能在世界各地得到一致的好评。1994 年第一次应用时，AC-150 驱动系统保留了第一代的 150 千瓦的额定功率，但是零件更少，相较于初代 AC-150 尺寸，减小了 30%，质量减轻了 8 磅，同时在电子附件中增加了更多功能。集成的 20 千瓦的双向电网接口是目前为止其最具有吸引力的特征之一。集成的电网

接口最初是用来作为纯电动汽车的大功率电池充电器。双向功能的使用开发出更多适用于各类电力驱动汽车新的应用，其中包括分布式发电、销售电网辅助服务、电池放电自动测试诊断以及使用汽车为家庭或企业提供多种不间断的备用电源。

AC Propulsion 设计同时也包含了自己最先进的电池充电器（从而消除了对额外的外部充电机的需求），其 20 千瓦的充电功率使你能够通过 240 伏 /40 安的交流电源插座仅一小时就充满电，而一个传统的 120 伏交流电源则需要一晚上。图 7-6 所示为该公司 eBox 内部的 120 千瓦电力电子驱动系统的特写图。该图显示了 eBox 内的 120 千瓦放大器和电动机风扇、底盘、260 伏交流电源、电动机信号、电动机电源之间的连接方式。如图 7-7 所示，该公司使用简易的连接方式来简化控制器的安装。控制器放置在原本放置内燃机位置的中间区域。

图 7-5 所示为 AC-150 Gen 3 系统包括功率电子单元 (PEU) 和交流感应电动机，这使得电动汽车及混合动力汽车更加高性能、高效率、充电更加方便快捷。灵活的数字接口使用户能够使用他们自己的或 AC Propulsion 提供的电池、BMS 以及驾驶员界面。



图 7-6 eBox 内部的 120 千瓦的电力电子驱动系统

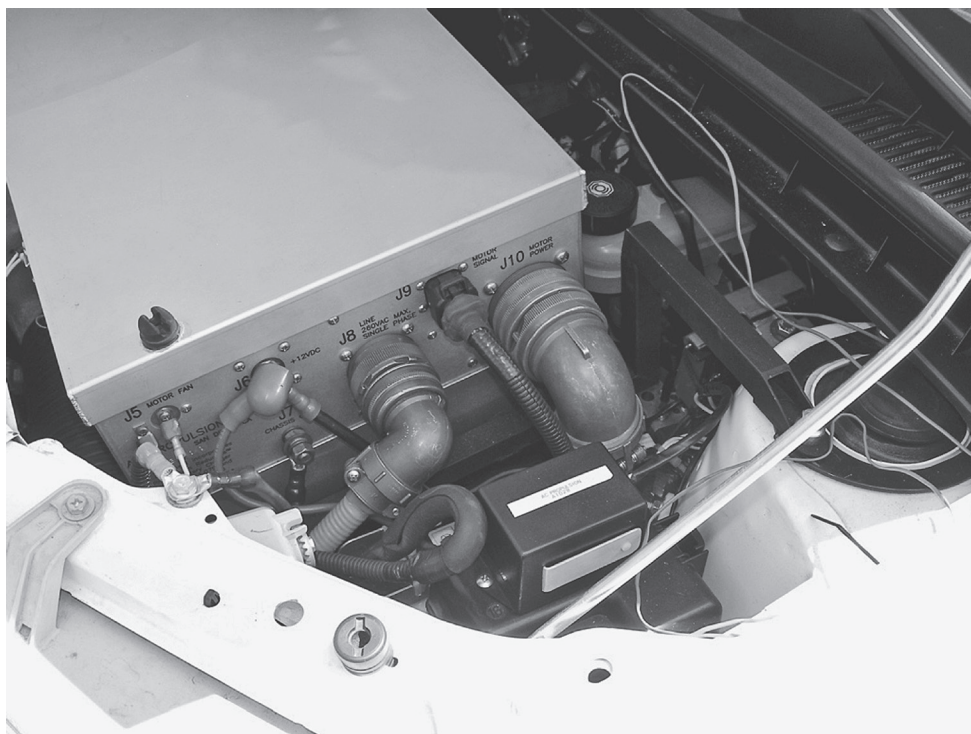


图 7-7 eBox 内 120 千瓦放大器部分连接的特写图

从 Wrightspeed×1 电动跑车，到来自意大利的 Venturi Fetish 高性能汽车，再到特斯拉和即将面试的丰田 RAV EV，当今一些最好的高性能电动汽车都使用 AC Propulsion 系统。2011 年 10 月，AC Propulsion 宣布其北京的姐妹公司 e.motor Advance Corp 已成为北汽福田的一个供应商。两公司之间的合约规定将由 e.motor Advance 为福田的 Midi-E 电动汽车提供 100 套驱动系统和电池组系统。100 辆 Midi-E 汽车在 2012 年作为北京延庆地区的出租汽车。

这是美国公司首次为中国产电动汽车提供电动汽车的主要部件。在 2010 年初，AC Propulsion 公司开始和福田公司合作，使用 AC Propulsion 先进的驱动和充电系统与电池组开发了一款改装电动汽车。2011 年，e.motor Advance 在北京亦庄经济开发区建立了一个新工厂。2005 年，AC Propulsion 在上海设立子公司进行生产经营，并为 BMW Mini-E 项目供应部件。

现在的传动系统是由 AC Propulsion San Dimas、AC Propulsion 上海以及 e.motor Advance 公司联合生产。San Dimas 仍然是 AC Propulsion 公司的总部和工程中心，同时还进行着小批量生产。

AC Propulsion 和 AutoPort 公司合作为美国邮政总局开发电动汽车 开展可行性研究

2010 年 10 月, AC Propulsion 和 AutoPort 宣布它们将在工程、开发和改装方面合作来为美国邮政总局 (USPS) 提供改装电动车原型车和资料。这是 USPS 选择的将他们的 142000 小时长寿命汽车 (LLVs) 改装为插电式纯电动汽车的可行性研究的五个解决方案之一。

“我们很高兴能够和 AutoPort 合作为美国邮政总局提出一个长期的解决方案。” AC Propulsion 首席执行官 Tom Gage 说道, “我们的解决方案满足 USPS 对于安全性和性能的要求, 并且能够帮助邮递员减少费用, 提高效率和驱动性能。”

根据 AC Propulsion 和 AutoPort 的解决方案, USPS 现在的 LLV 将去掉汽油机、变速器等部件并改装为 AC Propulsion 的 AC-150 驱动系统, 这是一个由交流感应电动机、逆变器、充电机和 12 伏电源集成的驱动系统。

对于将汽车入网 (V2G) 技术整合到其驱动系统, AC Propulsion 和 AutoPort 的解决方案具有低使用成本和盈利的潜力。AC-150 是全世界唯一适用 V2G 的驱动系统。“对于 AutoPort, 被 USPS 选为参与他们将 LLV 改装为纯电动汽车示范项目的公司之一是历史上具有里程碑意义的一天,” AutoPort 董事长 Roy Kirchner 说道, “我们相信对于 USPS 的配送车队来说电是正确的燃料, 并且由于 V2G 的使用, 我们的解决方案将使运行成本最低。”

在 AutoPort 的工厂里将根据 USPS 的需求再次对 AC Propulsion 和 AutoPort 的解决方案进行测试, 然后将在至少一年时间里, 在华盛顿都会区对车辆的用户满意度、运行成本以及维护进行监测。

车辆或电池管理系统

作者: David Andrea

车辆管理系统 (VMS) 等同于电池管理、充电、能量监控以及交流电网接口功能。VMS 的特性包括:

- 先进的驱动控制电路
- 各种载荷和转速工况下的平稳转矩
- 自然透明的驾驶感觉
- 驾驶人可调的再生制动

- 牵引力控制
- 车速控制
- 电池管理系统（BMS）接口和控制
- 电池荷电状态（SOC）、安时数（A·h）、瓦时数（W·h）、再生安时数和瓦时数以及每英里耗电量（瓦时）的显示。
- 适用于笔记本电脑显示的 RS232 串行端口
- 全球定位系统（GPS）的选择权
- 用于电网电力服务的远程调度和远程诊断的无线双向互联网通信
- 能量管理算法用于配置电网参数以满足续驶里程的要求
- 电动机驱动和再生制动时的电池模块最高、高低电压限制

➤ 电池管理系统

BMS 监控和保护电池组内的单体电池

BMS 的基本工作是保护电池（通过防止单体电池在其安全工作区外工作），其次是通过均衡电池的荷电状态（SOC）来最大化电池容量。

BMS 用来管理电池组，例如通过：

- 管理荷电状态
- 计算二次数据
- 报告这些数据，保护 BMS
- 控制环境
- 均衡 BMS

BMS 可以在各方面管理电池状态，例如：

- 电压——总电压、单体电池电压
- 电流——电池的输入输出电流
- 温度——电池组总体温度、进排气口温度、单体电池温度
- 环境条件——风冷式电池内的气流

另外，BMS 可以基于前述几方面进行计算，例如：

- 荷电状态（SOC）或放电深度（DOD）——显示电池的充电水平
- 健康状态（SOH）——用于综合性的描述电池总体状态

- 作为充电电流限制（CCL）的最大充电电流
- 作为放电电流限制（DCL）的最大放电电流
- 电阻——整个电池组或单体电池的动态电阻
- 生产后传递的总能量
- 生产后总工作时间

BMS 使用通信连接装置向外部设备报告前述所有数据，例如：

- CAN 总线（汽车领域的典型应用）
- 直接线路
- 串行通信
- 无线通信

BMS 可以通防止电池在其安全工作区外工作来保护电池，例如：

- 过电流
- 过电压（充电时）
- 欠电压（放电时），对于铅酸电池和锂离子电池尤为重要
- 温度过高或温度过低
- 过压（镍氢电池）

BMS 通过以下方法使电池处于安全工作区域：

- 请求与电池相连设备减少对电池的使用甚至停止使用
- 内部开关（例如继电器或固态设备）在电池非安全工作区域时断开
- 主动控制环境，例如通过加热器、风扇甚至空调

为了最大化电池容量和防止局部充电不足或过度充电，BMS 会积极确保构成电池组的所有单体电池保持在同样的充电状态，可以通过以下方法：

- 通过虚拟负载（调节器）消耗充电量最大的电池的能量
- 将充电量最大的电池能量慢慢转移至充电量最小的电池（平衡器）
- 减少充电电流至足够低的值以继续为充电量较少的电池充电，同时不损坏已完全充满电的电池

BMS 技术在复杂性和性能方面的不同：

- 简单的耗散式（“被动式”）调节器分流单体电池的充电电流以使电池电压达到平衡
- 主动调节器会在适当的时候智能增加一个负载以达到再次平衡

- BMS 将电池状态进行显示并保护电池

BMS 主要有三种类型：

- 集中式——一个单一的控制器通过多条电线和单体电池连接
- 分布式——每个单体电池都有一个单元板，并且在电池和控制器之间只有一条单一的通信电缆
- 模块化——有很多控制器，每个控制器控制一定数量的单体电池，并且相互之间能够通信

集中式 BMS 是最经济的也是扩展性最差的，还有电线过多的缺点（犹如“意大利面条”般混乱）。分布式 BMS 是最贵的，但最易安装并且装配最简洁。模块式 BMS 的优缺点介于两者之间。

➤ 需要多少均衡电流？

100 毫安对于锂离子电池组足够吗？还是 1 安？ 10 安？

电池组均衡是 BMS 的一个功能，电池组中单体电池可能在多方面不平衡，例如：

- 实际荷电状态（SOC）
- 漏电量（自放电电流）
- 内部电阻
- 容量

只有更好的制造商才能生产出高度一致的单体电池，并且使用这些单体电池的电池组不需要很多地均衡，但是很多厂商的单体电池之间有很大的差别。

均衡时需要注意均衡电池组中各单体电池的荷电状态，这样做也为单体电池间的漏电量进行补偿，但是同时也会因单体电池间不同的电阻值而受到阻碍，最后无法做到均衡，这需要一个另外不同的技术。

重新分配

重新分配能够利用电池中的所用能量，它比均衡时需要更高的电流。均衡的关键是充分对电池充电，仅受到容量最小的单体电池的限制。

- 没有均衡时，电池组容量的上限受到完全充满电的单体电池限制时确定，下限受到完全放完电的单体电池限制；
- 均衡后，电池组容量的上下限都是由容量最小的单体电池决定（或者极端情况

下由内阻最大的单体电池决定)。

均衡的电池组里所有单体电池都处于同一个荷电状态 (SOC), 而且在任何 SOC 水平下都可以做到。对于定期完全充电的电池组, 一般是 100% 荷电状态。

BMS 通过移除充电最多的单体电池的多余电量和 / 或为充电最少的单体电池增加电量的方式来均衡电池组。均衡可以是有损式或无损式的 (有损式—能量转换为热量消耗; 无损式—能量被转移而不会消耗)。有损式均衡通常称为被动均衡, 无损式均衡通常称为主动均衡。

均衡电池组需要多少电流取决于电池组不均衡的原因:

- 总体均衡—在制造或修理带有不一致的单体电池的电池组后需要消除总体的不均衡
- 维护均衡—在正常使用期间保持电池组的均衡

总体均衡

最好在制造或修理电池组时进行总体均衡以使电池组均衡, 这样就不需要 BMS 提供初始的总体均衡。

另一方面, 如果电池组制造或修理时没有注意各单体电池的初始荷电状态, 就需要 BMS 进行总体均衡。这时, 均衡电池组所需要的最长时间取决于电池组的大小以及均衡电流。

因此, 如果希望 BMS 能够在合理的时间内完成一个大型的总体不均衡的电池组, 则需要提供相对较大的均衡电流。

维护均衡

如果一个电池组初始状态是均衡的, 保持其均衡状态要容易得多, BMS 需要做的仅仅是弥补单体电池自放电造成的差异。

在很多应用中 BMS 不能够不间断地 (24 小时 / 7 天) 进行均衡, 但是漏电会使电池不断 (24 小时 / 7 天) 放电。在这种情况下, 均衡电流应该更高, 并与 BMS 均衡电池组需要的时间成反比。例如:

- 如果 BMS 能够不间断地均衡, 仅需 1 毫安均衡电压。
- 如有 BMS 每天只能均衡一小时, 则需 24 毫安的均衡电流才能达到 1 毫安的均衡水平。

当然, 如果 BMS 能够提供比需要的最小值还要高的均衡电流也是可行的。

没有充分的理由明确说明 BMS 在电池组漏电电流差值最坏的情况下能够较所需值增加更多的均衡电流。均衡电流与漏电流差值和每天的均衡时间成比例：

$$\text{均衡电流 (A)} = [\text{最大漏电量 (A)} - \text{最小漏电量 (A)}] / [\text{每天均衡时间 (h)}] / 24 \text{ (h)}$$

一般情况下，锂离子电池的自放电（漏电）电流是根据室温条件下允许的储存月数确定的（实际上，很少制造商这样规定。）漏电电流取决于月数。由此，我们可以估算漏电电流。例如，一个 100 安时电池组，最差的情况是单体电池放电 18 个月，则漏电电流是：

$$100 \text{ 安时} / (18 \times 30 \times 24) = 7.7 \text{ 毫安}$$

假设所有单体电池中最大漏电电流为 7.7 毫安，且每一块单体电池至少有 0.7 毫安的漏电电流，则漏电电流差值为 7 毫安。由此和 BMS 均衡时间可计算出所需的均衡电流。例如，如果一辆汽车中的 BMS 每晚接通电源 12 小时，其中充电 8 小时，充电后均衡 4 小时，则均衡电流为：

$$\text{均衡电流} = 7 \text{ 毫安} / (4/24) = 42 \text{ 毫安}$$

因此在这个例子中，具有 100 毫安最大均衡电流的 BMS 足够实现电池组的均衡。

增加均衡电流的一个方法是增加 BMS 可允许的最大电流（例如从 100 毫安增加到 1 安）。另一个方法是增加可用于均衡的时间。在上述例子中，均衡只能在充电完成之后，因此只剩下 4 个小时。但是如果 BMS 足够智能，它事先知道哪些单体电池可能需要均衡并可在接通电源的任意时间进行均衡（例子中的 12 小时中）呢？该方法在更复杂的 BMS（例如加州仪器）中得到了应用。

在这种情况下，上述例子能够均衡的时间为 12 小时，则均衡电流为

$$\text{均衡电流} = 35 \text{ 毫安} / (12/24) = 70 \text{ 毫安}$$

因此，利用智能算法可使相同的 BMS 硬件（限制电流为 100 毫安）能够管理具有 5 倍漏电电流的电池组。

具有智能算法的 BMS 能够管理漏电电流更大的电池组，但是只是有一定程度的提高。（实际上，最多 3 倍）。除此之外，硬件本身需要能够处理更大的电流。

所以正常工作中的锂离子电池组需要多少均衡电流？以下是目前 Elithion 得到的经验法则：

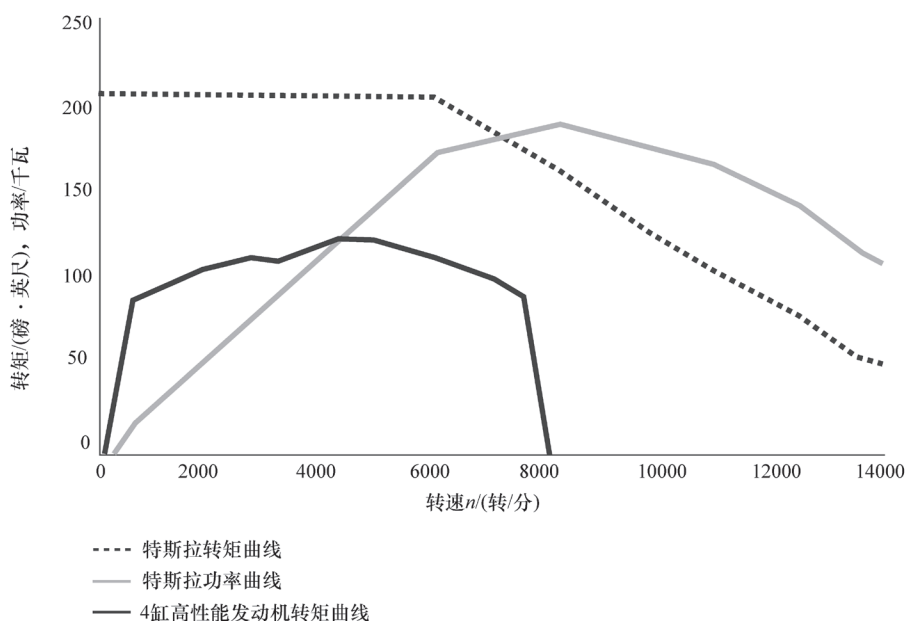
- 10 毫安足够小型备用电源应用（10 千瓦时），100 毫安适用于大型（100 千瓦时）
- 100 毫安足够应用于电动汽车（10 千瓦时，夜间充电）
- 1 安足够应用于大型电池组而不是备用电池组（ ≥ 100 千瓦时，全天工作）

BMS 总结

- 均衡补偿单体电池荷电状态（SOC）的差异，但不补偿容量不均衡（由重新分配补偿）
- 均衡的电池组能够提供的最大电流仅受容量最小的单体电池限制（提供全部电量而不受任何单体电池限制，需要进行重新分配）
- 使电池组均衡的最好的方法是提高电池生产的一致性，这样就不需要 BMS 进行总体均衡。
- 指望 BMS 一生中只对总体不均衡的电池组只进行一次均衡是没有经济和工程意义的。这样的 BMS 相较于一个 99% 的时间都在工作（保持已均衡的电池组均衡）的 BMS 更昂贵、更庞大并且产热量更多。反而，生产已经均衡的电池组，进而而不需要总体均衡的 BMS 具有更大的意义。
- 如果电池组在工厂中得到均衡，BMS 仅需要能够在正常工作中为弥补单体电池自放电间的差异提供均衡电流。
- 能够提供 100mA 均衡电流的 BMS 足够应用于大部分锂离子电池。
- 智能算法能够使均衡不间断，因此使 BMS 的均衡能力提高了 3 倍左右。

7.6 特斯拉控制器使用了 AC Propulsion 公司的技术

我必须说一说特斯拉汽车。这款新上市的电动汽车使用了全新设计的交流驱动系统，其带有新型的控制器、电动机以及电池系统。特斯拉 Roadster 在你驾驶的任意时刻都能提供最高的性能，甚至在红灯时。它可以在 0 转速时就达到最大扭矩，并且在转速为 13 000 转 / 分钟时仍保持较大值，这使得特斯拉 Roadster 的效率是最好的跑车的 6 倍，而只会产生十分之一的污染。图 7-8 所示为与内燃机性能的比较及数据说明。对于当今广大民众来说，特斯拉是一款非常好的电动跑车。电动机和电池间是以智能并高效的方式连接的。



黑色曲线表示汽油发动机的转矩能力，它在低转速时只能输出较小的转矩，并且产生合理的功率的转速范围较小。相反地，点画线表示特斯拉Roadster所用电机的转矩能力，它可以在零转速时产生较高的转矩，直至6000转/分钟时一直是恒定的加速度，13000转/分钟以前一直是高功率输出。灰色曲线表示特斯拉Roadster所用电动机的输出功率，它随转速增加持续增加，在大约8000转/分钟时产生峰值功率189千瓦。

图 7-8 与内燃机性能及转矩的对比

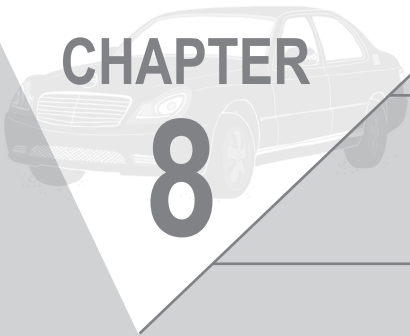
7.7 小结

简言之，计算机以二进制逻辑进行运算：1 和 0，开和关，是与否。相比通过复杂的反馈系统需反复研究才能得到想要的结果（如发动机），不如直接执行一个简单的逻辑算法得到所要的结果（如控制器）。同时，随着科技的进步，在不降低安全性、不增加成本的情况下可以减少零部件个数。对于手机和相机的制造商，小型化已经升华为一种艺术，他们执著于技术的开发并且每代新产品都有进步。而对于电动汽车改装者，这就意味着需要更小更省钱的电子产品。因此，电动汽车和电动汽车改装会有一个美好的未来，每一代的技术都会提高纯电动行驶到来的可能性。

相较以前，现在有更多可用的控制器：交流的和直流的、高质量的工业级的和成本较低的中国制造的；全新的、二手的以及剩余的。有大量多余的部件和控制器现成可用，可以以便宜的价格购买到你需要的任何零件。在互联网、搜索引擎以及电子邮件讨论列表上可以很容易地查找关于电动汽车的信息。

打造属于自己的电动汽车控制器，所需的技能和工具从来都没有像现在这么容易获得。制造商的操作说明书会提供完整的工作电路、仅需比例放大的便宜的电动机控制器演示板，以及处理所有棘手的高压电路的功率晶体管模块等等。现在还没有完美的电动汽车控制器设计。虽然没有如 Linux 一样的开源控制器项目，但是人们正在研究中。

阻止大多数人前进的最主要原因只是缺乏兴趣，不管你是否相信你能够做到——你是对的。



CHAPTER

8

第 8 章 电 池

如果你正在计划想要改装一辆电动汽车并犹豫是使用传统的铅酸电池（图 8-1）还是锂电池，那么放弃铅酸电池吧。我有一些好消息要告诉你：现在你可以使用锂电池，其每英里价钱和铅酸电池相同（或者甚至在你读到本书时变得更便宜）。在过去的 10 年，质量好、性能优的锂电池在美国得到了广泛的使用。在本章结束时，我希望说服读者可以把高尔夫球车电池放置回真正属于它们的地方——高尔夫球车。

磷酸铁锂电池（ LiFePO_4 ）是逐渐为人们所喜爱的锂电池，并在中国的方形电池中得到了最广泛的应用。与每充电一次行驶 30 英里的铅酸电池不同，应用于改装电动汽车的磷酸铁锂电池充电一次通常能行驶 80 英里以上（当然需要合理的设计电动汽车）。Trojan 是在美国很有名的铅酸电池生产企业（图 8-1）。

安全性如何呢？ LiFePO_4 至今仍是最安全的锂电池！稍后在本章将讨论热失控以及为什么相较于其他锂离子电池更加稳定，并且通过更多的分子细节了解它们。我们还会讨论材料科学家改变 LiFePO_4 晶体结构的方法以及每次改变如何影响电池的性能。

我们将重点介绍锂电池和铅酸电池的区别，尤其是对电动汽车改装有意义的区别。例如：受普克特 (Peukert) 效应影响，铅酸电池最好应用于交流驱动系统。而普克特效应对 LiFePO_4 电池的影响很小，不会影响对驱动系统的选择，其性能和续驶里程都很优越。

我们可以闲聊一些 LiFePO_4 电池发展早期的专利窃取丑闻，并弄清楚为什么整车厂 (OEM) 在追逐他们的“圣杯 (Holy Grail)”——能量密度时可能已经为我们留下了最好的电动汽车电池。

最后，我们将和“Electric Cars Are for Girls”团队的朋友讨论一些在电动汽车中使用方形 LiFePO_4 电池的最优方法。该团队已经多年在电动汽车中应用这些电池并熟知其注意事项和实际使用中的潜在危险。听从该团队的建议，你可以得到循环使用寿命达到 3000

次的新电池组而愉快地驾驶电动汽车。图 8-2 为圆柱形电池中的一种：A123 公司生产的 AA 型电池（图 8-2）。



图 8-1 Trojan 公司生产的汽车用的铅酸电池



图 8-2 用于电动汽车的 72 安时模块：使用并联和串联连接的 A123 电池——圆柱形 A123 电池

8.1 金属、盐以及离子：大自然的悲伤恋歌

你也许会好奇金属、盐以及离子之间的相互关系或者它们和电池之间的关系。（如果你曾经学习过化学或物理，可以跳过这个部分，并且在结束时我会提醒你。）

你应该已经注意到，金属具有光泽、硬度，是热和电的良好导体。在肉眼看不见的水平，金属是一群有序的带有正负电并且相互平衡的粒子，因此带正电的粒子总数等于带负电的粒子总数。不管你是否相信，你的不锈钢餐叉和铜水壶仅仅是由一群带电粒子组成。

我们称带电粒子为离子。这里有一些术语的简写：“离子”指的是“锂离子”，“阳离子”指的是带正电的锂离子 Li^+ 。在关于锂离子的论述中，人们所说的“离子”就是“锂离子”并且不会做进一步的解释。锂的稳定低能离子为 $1+$ 。（也有带负电离子，但是在标准温度和压力下锂很难带负电。）氯化物、碳酸盐、氧化物、磷酸盐—这些都是负离子或阴离子，其稳定低能态为 Cl^- 、 CO_3^{2-} 、 O^{2-} 以及 PO_4^{3-} 。

让我们用一分钟来讨论一下高能态和低能态。离子的带电状态越远离其自然的、放松的以及低能的状态，则越不稳定。越不稳定，它越急切地想回到舒服的状态，会消耗更多的能量。离子的不自在程度可以用其氧化态来衡量。

好了，现在回到金属。金属似乎是倾向于分裂成离子—那是它们魅力的一部分！给予它们一点点机会和少量水，金属将会沿着接缝分裂并通过水迅速地导电，然后就形成了电解质溶液。这就是电解质溶液的定义，实际上某些溶液中含有离子。问题是，其全部分裂为正负带电粒子被认为是暂时的，原因是能量平衡被打断了，当能量平衡被打断时，大自然本身会寻找方法促使其恢复平衡。

正带电离子寻找带有同等电荷数的负带电粒子（我们称其为电子）。这种寻找配对物的倾向就是盐自然形成的原理。例如：一个带正电的离子如钠可能遇到一个带负电的离子如氯，就行成了盐（顺便一提，这就是为什么我们将氯化钠称为盐，但是它不是唯一的盐，有各种各样的盐，碳酸锂也是盐。）

我们利用带电粒子具有寻找配对物的倾向的特性制作电池。制作一个锂离子电池，我们仅需获得锂盐（自然界中发现的一般为碳酸盐）并去除其碳酸盐负离子。现在我们得到了一直在寻找其失去的配对物的带正电的锂离子。我认为分离后的锂离子容易控制和利用。

现在我们捕获到了一群可怜的、绝望的锂离子，让我们开始制作电动汽车电池吧！

8.2 制作电池

首先我们需要一些电极，电极是带电粒子想去的位置，其就像为孤单的锂离子提供的棒。电池有两个电极——一个正极（阴极），一个负极（阳极）。对于锂离子电池，人们主要关注其阴极，阴极决定了各类锂离子电池之间的不同。

传统锂离子电池中的层状金属氧化物 LiCoO_2 以其阴极氧化钴命名。作为锂离子电池中的新型金属氧化物， LiMnO_2 有一个被称为尖晶石的氧化锰构成的阴极。 LiMnO_2 是一种晶体，在分子水平上看起来有点像一个三维的井字（tic-tac-toe）板。 LiFePO_4 是锂离子电池中另一种金属氧化物类型，只有这一种类型的阴极由磷酸铁构成，并且该晶体是橄榄石型。稍后将详细介绍该类型。

阳极通常由碳材料构成——一种特殊的石墨。大多数类型的锂离子电池使用的是石墨阳极。

在锂离子电池中，阴极和阳极都有一种特殊类型的结构允许锂离子的嵌入。我喜欢 Seth Fletcher 在国家公共广播电台中论述他的锂离子电池著作《瓶装闪电》（Bottled Lightning）时的描述。我将借鉴他的比喻并稍以润色。

想象一家有好多层的大型酒店如威斯汀酒店，然后想象客人只能通过窗户进出他们的房间，这样你就会了解锂离子如何将自己嵌入磷酸离子阴极中了。当不用使用电梯时，房间会被迅速地充满和清空。

相比之下，铅酸电池使用金属铅电极并在每次充电时消耗和还原。锂离子电池不一样，其含锂的正极中没有金属锂的存在，并且电池放电过程中不会减少，就像是一个储存罐。

该阴极“酒店”结构允许锂离子从电解液中迅速嵌入并以有一定顺序的形式聚集，与此同时电子同样迅速地从酒店后门离开（你可以从此处获得电子并让它们为你工作）。自然界不允许电荷不平衡的发生，因此这是必然的。电子在电路中的运动成为电流，当电流流动时就可以驱动电动汽车。

阳极同样采用锂离子嵌入，当电池充电时，锂离子嵌入阳极并等待。那么电子呢？它们无法到达电解液或是找到早已失散的离子。它们被困在阳极、阴极以及外部电路中，在每次充放电中来回游荡。

我提及此的原因是电池工作必须做到以下两点：

- 阳极和阴极必须能够接受和释放来自电解液的锂离子，并在此过程中尽可能减

少能源浪费。

- 阳极和阴极必须都能随时在电路中移动电子。

上述两个性能分别称为离子电导性和电子导电性。任何一个失效，电路都会中断，电动汽车也将无法行驶。

8.3 电路

不论是为电动汽车还是 iPod 供电，不论是铅酸电池还是锂离子电池，所有可再充电电池都是将化学能转化为电势。

每次一个锂离子将其自身嵌入阴极，就有一个电子从阳极进入负载电路通向你的 iPod，这样你就听到了“波西米亚狂想曲”。就如我之前提及的，自然使离子电子的运动保持绝对的平衡。离子单向流动，电子（从而形成的电流）沿相反的方向流动。一个带正电的锂离子进入阴极就有一个带负电的电子离开。实际上，差不多每秒有无数的电子。这样电子运动便使电路产生了电流。

你之前可能听到过这样的描述：能量就像从山上滚下来的石头。在你的电动汽车系统中，势能存在于一个完全充电的电池组中，动能使电动汽车的车轮转动。当电动汽车奔驰在道路上时，电池组中的势能转换为动能，观察仪表盘上的 SOC 仪表就会发现电池组中的电量越来越少。势能不是真的消失，只是被转化为动能，能量的总量不变。

这里也应该注意 iPod 在其播放“波西米亚狂想曲”时没有消耗电子，其仅仅是利用它们一会儿然后将其送下能量的“小山”到阳极。当锂离子滚下能量的小山从阳极涌入阴极时，电子就被喷上坡，没有选择，只有执行命令。

因此，最后当阳极集齐了所有电子，所有在外的离子流入一半的电解质溶液中，当阴极收集了所有离子，并释放出所有电子进入电路，你的电动汽车由于电池没电了而停止运动。（好的，你早已知道在电池荷电状态降到 0 时不能行驶电动汽车，我只是在证明论点。）

是时候充电了，然后倒转能量的小山：充电机的电力推动离子返回山上到阳极，并牵引电子下来回到阴极，并在那里等待你踩下加速踏板并再一次耗尽电池。

电池是电路的一部分，如果电子的流动被堵塞了，那么电子的流动也会相应放慢，于是整个电路便遇到了瓶颈。没有电子的流动就没有离子的流动，反之亦然。这对于我们之后详细讨论磷酸铁锂电池（或 LiFePO_4 ）十分重要。

➤ 安培和伏特

你已经知道增加电池组的电压能够为电动汽车提供更大的加速度。你可能会问这究竟是怎么一回事？每个人都知道加速度是“吸入安培”。这样电池组电压越高，能量的小山越陡峭，越陡峭的山，石头（即电子）总是要更快的滚动（形成以安培为单位的电流）下来。需要指出的是电流越大，电路中的电阻（热）也越大，因此相对于电池组电压需要尺寸合适的线缆。

8.4 电池结构

在锂离子电池中，阴极和阳极实际上是类似于箔片的薄片，每当我想到阴极是由如尖晶石和橄榄石的晶体构成时，我会想到项链上的钻石，但是实际上它反而是又宽又扁并被黏稠的黑色粉末所覆盖（如此描述十分抱歉！）。用肉眼来看阳极基本一样。在阴阳极之间有一个隔膜，我听说它看起来和塑料垃圾袋有几分像。

那么电解质呢？它是锂离子在其中移动的黏稠物。在锂离子电池中电解质为液体，是有机溶剂并且有毒。这里有一些 A123 公司使用的电解质材料清单：“典型材料包括基于聚偏二氟乙烯（PVDF）的聚合物，如聚乙烯（PVDF）和共聚乙烯以及六氟乙烯、四氟乙烯、氯三氟乙烯、聚乙烯（乙烯基氟化物）、聚四氟乙烯（PTFE）、乙烯-四氟乙烯共聚物（ETFE）、聚丁二烯、氰乙基纤维素、羧甲基纤维素及其与丁苯橡胶（SBR）的共混物、聚丙烯腈、三元乙丙橡胶（EPDM）、丁苯橡胶（SBR）、聚亚酰胺以及乙烯-醋酸乙烯酯共聚物的三聚物。”

现在应该公平地对待 A123。某一天，睡在床错误的一侧的科学家没有清醒并声称，“让我们看看，我们能将什么有毒物质放入电动汽车电池中？”所有制造商制造的锂离子电池所使用的有机溶剂都来自上述清单。

用水为锂离子电池灭火的安全说明

水不能用于蓄电池灭火的实际原因在于电解液，国家公路交通安全管理局（NHTSA）网站上提到：

如果使用水来灭火，必须使用来自消防栓的大量的水（如有可能）。切勿使用少量水灭火。少量水会导致锂离子电池电解液和水发生化学反应产生有毒气体。在发生小火灾时，BC 类灭火器可用于由线束、电气部件等导致的电气火灾或油类火灾。

电解液中的锂离子遇水容易起化学反应。当人们设想将金属锂放入水中（是的，

我还记得那个化学实验室), 电池并不是像他们想象的那样爆炸, 真正的危险是当你站在旁边冲水灭火时将会吸入锂反应雾化的那些有机溶剂。

总之, 如果你打算用水来为锂离子电池灭火, 那么要淹没它。要记住这些有机溶剂十分易燃。

所有锂离子电池都有这些结构特征: 阴极、阳极、电解液以及隔膜(锂聚合物电池为固态电解质但是其他化学性质相似)。虽然在阴极有着相同的化学反应, 但不同锂离子电池之间还是存在区别的, 下面讨论其原因。

8.5 锂离子电池的外形及尺寸

锂离子电池有三种基本外形:

- 圆柱形
- 方形
- 软包

正如你将看到的, 还有其他不同类型。

圆柱形

A123 制造的 AA 型电池就是一种圆柱形电池, 如图 8-3 所示。这是一个由德国的学生与 TurnE Conversions 和 Ruediger Hild 联合制造的电池组。作为 A123 的一部分, 这些学生设计其隔离物由 5mm 的激光切割的塑料树脂制成, 该塑料树脂来自于 Kolon Plastics, 为研究需要而被称为 Kocetal POM, 虽然其价格十分昂贵, 但是大量生产时成本很容易降下来。



图 8-3 德国 TurnE Conversions 使用的 A123 公司的小型 LiFePO_4 电池

控制器只能在 Windows 上运行，并且显示电池系统的所有参数。测试方案包含 7 个串联的单体电池。

实际上，称这种类型为“卷绕式”更为准确，因为不同类型的区别不仅在于其表面。外包装的样式未必能看到内部是怎么样的。你可以得到一个包在矩形壳内的卷绕式单体电池，笔记本电脑电池就是一个很好的例子。Tesla Motor 的电池组也是由圆柱形（氧化锂钴）单体电池构成。

圆柱形电池的电极和隔板一起被卷起来就像是长的凝胶卷，并且每个凝胶卷适合一个封装，然后单体电池可以变换封装成你需要的电池外壳类型。

卷绕式圆柱设计缺点是什么？它不是最高效的布置方案，在相互相邻的圆柱形物体之间有一定量的空间浪费。在卷绕式电池的中心会有热量聚集，并且多余的布置空间增加了电池组的总质量。在电动汽车改装领域，我们希望质量更轻而不是更重。

然而，我必须承认我喜欢各种电动汽车使用的 A123 的小型 26650 电池。特斯拉和 Killacycle（以及 Vectrix）告诉我们在电动汽车中我们可以使用小型锂电池得到非凡的效果，并且现在一家德国的改装公司 TurnE Conversions 利用这些卓越的 A123 LiFePO_4 单体电池出色的功率密度（是其他任何锂化学电池的 8.5 倍）制造出更便宜、更安全、充电更快的 72 安时锂离子电池组。更高的功率密度意味着可在同样加速性能下质量更轻，你很快就会看到。

方形

方形电池的电极和隔膜叠在一起就像一本书里的书页。我们电动汽车改装者从中航锂电和中聚电池的中国公司购买的电池就是方形电池。它们呈矩形状，有点类似乐高积木，但不能互锁。据称，由于肋状设计而使空气能够在其中流通，方形电池易于冷却。在为大电流设备如电动汽车（大电流会产生热量）提供电流时，这是一个十分重要的因素，然而实际中这似乎并没有太大的问题。电池的空气冷却无论如何都要比液体冷却更便宜和简单。

软包

一般见到的软包电池大部分都是锂聚合物电池，软包电池的电极和隔膜没有置于一个外壳内，而是随电解质一起置于袋中。电池电极可以接入导电箔接线片。软包电池的优势在于其可以适应各种空间，而刚性壳不可以，可以按需求将其制成任意形状。缺点是这些导电箔易损，汽车的行驶环境是有颠簸、冲撞和振动的，这些都会破坏电池的连接。

锂聚合物电池使用固态电解质而不是液态，能够保持形状。但是软包电池容易膨胀，所以当在电动汽车上为它们制造电池框架时应该考虑到这一点。

方形软包电池是由 LiFePO_4 构成的，并且 A123 也正在制造这种电池。可以推测电极和隔膜就像书本的书页一样堆积成层，并在其间有液体电解质，但是其被制成了扁平的软包而不是“乐高积木”。相较于中国的方形 LiFePO_4 电池，这些 A123 AMP20 电池的功率密度是非凡的（由于是 A123 的“秘密武器”，稍后将介绍）。然而，已经证实电动汽车中应用 AMP20 存在着一些问题。和锂聚合物软包电池一样，软包是松软的，电极接线片易损。这就意味着电动汽车改装者必须设置一个外部结构来支撑软包电池并使连接稳固。但是固定软包电池就意味着“用坚固的东西包围它们”，而且液体电解质的 LiFePO_4 软包电池易于膨胀，所以电池外壳应该能随着膨胀而收缩或破裂，连接同样需要随着膨胀而收缩或裂开——不要过度收缩，否则不管怎样连接都会断开。这真是进退两难。

“电池大学”（Battery University）表示锂聚合物软包电池的膨胀是由制造缺陷引起的，并且应该立即监测该制造缺陷：在安装电池前先对软包电池少量充电，观察其中是否有一两个发生膨胀。如果有，请退货。对于 A123 软包电池，由于它来自不可退货的军用品，退货十分困难。同时，随着 A123 Systems 的破产以及和 Johnson Control 的法院纠纷，现在一个中国公司将提供贷款来偿还债权人。

8.6 安时和电压

电动汽车的系统电压为 72 ~ 320 伏。你很熟悉 6 伏、8 伏以及 12 伏的铅酸电池组，对吧？其算法简单，但是锂电池的算法有所不同。

中国方形电池以安时数来衡量（ $\text{A} \cdot \text{h}$ ）（顺便提一下，其是安培乘以小时，而不是安培每小时。）你可以购买 40 ~ 1000 安时的电池，但是它们的电压都是 3.2 伏（或左右）。所以你要做些什么呢？购买你需要的安时类别的电池（100 安时左右），将它们全部绑在一起，或者告诉电池供应商你需要的配置（一半置于行李箱，一半均分至两个前置电池箱等），供应商就会将电池组为你配置好。

安时值越大，电池就越重，同样安时的锂离子电池比铅酸电池轻得多。为了更好地了解其区别：CALB 180A $\cdot \text{h}$ LiFePO_4 电池是通用尺寸，其重量为 12.35 磅。如果你组合一个 120 伏系统，120 除以 3.2 大约需要 38 块单体电池，那么电池组总重为 470 磅。还不错。另一方面，老式 Trojan T-150 电池组在相同电压情况下重 1200 磅。注意：使

用 120 伏或 144 伏的唯一原因是过去使用铅酸电池，其只有 6 伏、8 伏或 12 伏或诸如此类。但是如果需要可以使用新型锂离子电池组得到一个 121.6 伏的系统。如果将铅酸电池切换到锂离子电池，则可以任意四舍五入。（向上进为整数，则是在你花了钱并解决了这个问题后“享受一杯果汁”，是不是更令人满意，我说的对吗？）

8.7 串联或并联

问题：我不能购买一堆 40 安时单体电池并将它们并联以得到我需要的安时吗？例如：4 个 40 安时单体并联连接得到 160 安时，对吗？

回答：当然，为了充分利用可用的空间，人们对于电池配置具有相当的创造力！这将在“ LiFePO_4 电动汽车电池的最佳实践”章节最后予以讨论。

8.8 充电率

充电率是电池充放电时的电流大小。电池制造商（此处指中航锂电的 180 安时 LiFePO_4 电池）提供了一张图表（图 8-4）显示在不同充电率下的电池性能。

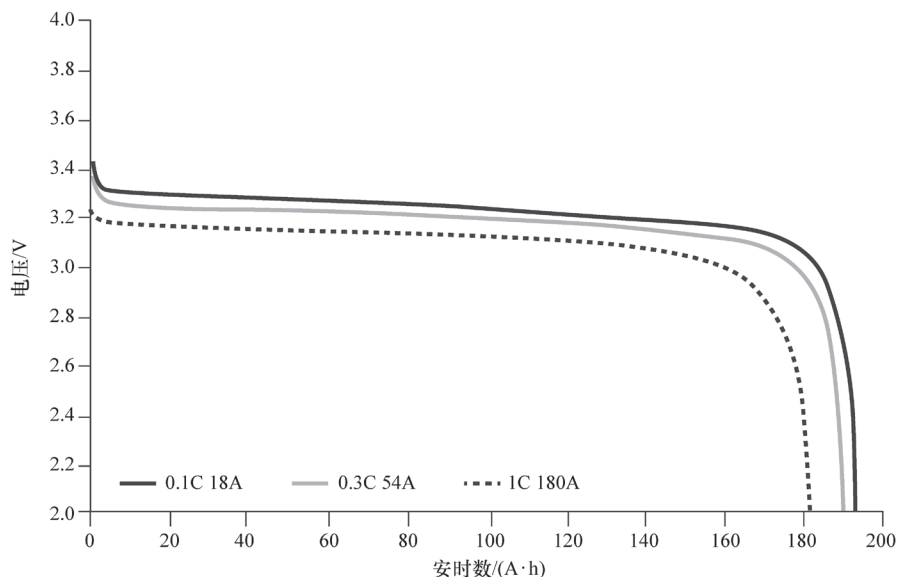


图 8-4 典型的 LiFePO_4 放电曲线

1C 充电率回答了这个问题：电池在一小时内完全放电需要的放电电流是多大？对于 180 安时的电池答案是 180 安，然后便只是数学问题。

你是否希望得到 3C 充电率？将安时（此处为 180）乘以 3，结果是 540 安。那么

10C 充电率？1800 安。这些都是电流快速流动的例子。图 8-4 的图表中，是指放电电流。

像该图中最上面两条曲线，缓慢的电流流动是由电池容量的分数表示的。最上面的曲线为 0.1C（或 1C 的十分之一），结果为 18 安。中间曲线为 0.3C，54 安。当遇到 C/4，一样的，是 1C 充电率除以 4，或者 4 小时内使电池放电需要的放电电流。一般推荐以 0.3C 的充电率充电。

8.9 平缓放电曲线

当提及 LiFePO_4 电池时你会听到一个术语：“平缓放电曲线”。不是完全平直，而是在 80% 充电深度（DOD）或 144 安时之前有一段很好的宽区域，放电过程在这段区域中电压下降较小。对于铅酸电池，随着放电过程电压不断下降并且曲线有一个明显的向右下倾斜，放电电流越大，倾斜越大。这就是“普克特效应”，然而这种问题主要存在于铅酸电池，对于 LiFePO_4 电池不是大问题。

8.10 废物堆中的钻石： LiFePO_4

➤ LiFePO_4 阴极的优点

LiFePO_4 阴极如此特别的原因是什么？对于电动汽车其有三大优势：

- **功率密度**——虽然并不是每个 LiFePO_4 电池都有最优的功率密度，但其他可用的锂离子电池提供功率的能力都不如 LiFePO_4 。稍后将会谈到，在实验室中可以通过许多方法对阴极进行改性。化工基础使这样的能量密度成为可能的同时也使 LiFePO_4 成为快速充放电的主要候选，仅次于超级电容。
- **循环寿命**—— LiFePO_4 的阻抗比其他锂离子化学物质要小，其以树枝晶和“青苔状锂”的形式转化成阳极上的少量锂金属镀层。这意味着 LiFePO_4 电池比其他锂离子电池持续的时间更长。CALB（中航锂电）声称其电池在 80% 深度放电时循环寿命可达 3000 次。这在我听来就好比是，如果你合理地使用，它能够拥有 10 年的使用寿命。
- **安全性**——实际上你不得不面对电池进入热失控的事实，其本身是不愿意进入热失控的。其热失控温度为 518°F，明显高于其他锂化学物质。为什么？原因就是以分子水平运作的电池管理系统，我喜欢将其称作“大自然母亲（Mother

Nature's)”。

➤ LiFePO_4 分子

现在我们简短地从分子角度讨论一下 LiFePO_4 ，并了解 LiFePO_4 的一些特质。对于阴极，由于锂只是一个参观者，在讨论中可以忽略，实际上锂并不住在那儿。图 8-5 所示了所有当今和未来的电池化学成分的选择，虽然本章重点介绍锂基技术。

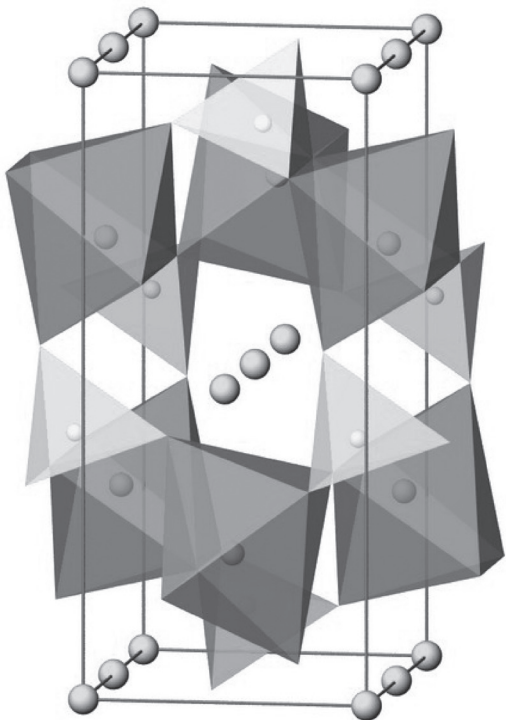


图 8-5 锂离子 LiFePO_4 分子图

图中大的深灰色块（八面体，两个背对背的椎体）是 FeO_6 ，浅灰色块是磷酸，小点为锂离子。 FeO_6 中的氧分子被铁包围，因此其电子与相邻铁的电子隔绝，这就形成了铁绝缘的形式。

我也很想知道究竟为什么我们希望电池阴极材料塞满了绝缘的分子？我认为这是由于正确排列的绝缘的晶体结构可以构建离子和电子在阴极中快速流动的小型快速通道。

但是科学家首先需要使一些电子移动，Michel Armand 花费了六个月想出在锂磷酸盐晶体外包一层薄碳可能会明显地提高导电性。碳能使导电球体滚动的原因是一个有争议的话题，但是它确实是在发挥作用。

麻省理工学院蒋业明实验室的一名学生稍晚一些发现了向磷酸铁稍微地掺杂超价

离子（指带（正）电的高能离子）能够明显提高电子导电率。掺杂太多会降低导电率，恰到好处的掺杂能使导电率增加若干倍。

掺杂是指在制作晶体时添加少量的物质，此处指超价铌或锆离子。离子根据大小和电荷在可预测的位置自动排列成晶体，那么究竟这种掺杂有什么用？它（可能）稍微使通道的门 / 墙变形来创造一个更大的通道以使离子和电子通过。

8.11 改变 LiFePO_4 配方

掺杂是通过非化学计量改变 LiFePO_4 以获得更好的电池阴极材料的方法之一。非化学计量就是化学家所说的“修改配方”，就像面包师为了做出不同的蛋糕而多加一点这个或少加一点那个。对于 LiFePO_4 有多种方法进行非化学计量来改善它。第一种是我们刚讨论过的蒋业明和他在 MIT 的团队的超价掺杂，打个比喻，为了掺入铌离子，在放入烘箱之前应先将其放入 LiFePO_4 晶体结构中。

使用非化学计量的另一个方法是用其他过渡金属例如锰或镍来替代铁离子，这就是“等价掺杂”（电荷和铁一样还是和锂一样取决于你需要在哪一边快速通道掺杂。）这种掺杂类型还有其他的可能，等价掺杂的位置（取决于掺杂物）好像能够提高功率密度或循环寿命。

LiFePO_4 非化学计量的第三种方法是在外面包覆碳。向阴极包覆碳的方法不止一种，但是 MIT 的 Gerb Ceder 实验室利用一些物质有不同的溶解度和自然分离成层这一特性以便能够正确烘烤外部的电荷收集层成为蛋糕。稍后再详细讨论这一点。

第四种方法是在晶体中制造一些小洞，称为“反位缺陷”。锂离子会陷入这些小洞中，并且由于其是一个带正电离子，它关闭了锂离子通行的特定通道，并打开了一个不同的协调的交叉通道扩散的途径，就好比关闭了一条地面街道而开放了高速公路。

8.12 好东西的偶然发现

好像许多 LiFePO_4 阴极研究都走了这样一条路：科学家做一些事情改善导电性能；然后试图解释为什么会起作用；他们发现他们不能理解并且会出现一系列全新的问题。或者他们创建的计算机模型理论上完美而实际上完全不起作用。

关于我想说的意思这里有一个完美的例子：阴极似乎对锂加载过程有一个减速作用，这似乎是 LiFePO_4 的内在问题。它是这样的，锂的嵌入有两个阶段：“加载”和“卸载”。加载层颜色不同于未加载层，因此可以通过 X 射线衍射清楚的观看。阴极的

最外层首先加载，然后加载部分平稳的移动到阴极的中间直到所有都嵌入。（这就像乘坐公共汽车。已经坐上公交车的锂离子似乎不想“往后走”以让其他锂离子坐上公交。锂离子必须挤进去，一次一个分子。科学家称其为“扩散限制锂化”。）

因此 MIT 的蒋业明团队提出几种想法来解决这个问题。一种是制作非常薄的阴极使其相对于阴极总体积而言表面积较大。让我们使整个公交集中在公交的前部！但遗憾的是，这样的阴极十分脆弱并且不会持续很久。蒋业明的另一个想法是在阴极酒店中多增加几层。代替 Westin 的 35 层，每个锂离子都进入其自己的窗户，让我们在这样的空间设置 300 层或 3000 层，这种方法的效果明显好于前一个想法，这就产生了纳米光子学，减小粒径至纳米级使锂离子的体扩散更快。

8.13 沿纹理移动

即使有了这些改进，扩散限制锂化似乎仍是 LiFePO_4 的薄弱环节，理论和计算机模型中，锂离子本该在阴极中迅速通过，但是没有！什么阻碍了它们？

MIT 的另一位材料科学家 Gerb Ceder 致力于解决这个谜团，并证明了对于 LiFePO_4 有两个区域阻止锂扩散：第一个是在晶粒表面；第二个是在晶粒内部——称为体扩散。

Ceder 发现离子不会陷在阴极内部，即使看起来是那样；它们实际是在阴极表面上减慢速度。为什么？因为锂嵌入 LiFePO_4 阴极的扩散同样不会发生在表面。 FePO_4 有纹理，就像木材——是各向异性的。锂离子仅沿着纹理加载。

锂离子能够足够快地到达阴极，但是它们可能会撞到任意一边然后改变方向四处徘徊一会直到找到入口，这就占用了宝贵的时间。Ceder 发现他可以通过他描述为“跑道”（racetrack）的方式帮助离子，离子可以利用这个“跑道”迅速地从它们到达阴极的任意位置直接移动到纹理正确一边的入口。这个“跑道”就是我所提到的他用以正确烘烤成蛋糕的电荷收集层。非常酷吧？

一旦他为离子画出地图，锂就会在 Ceder 的带有涂层的晶体上以令人难以置信的速度加载和卸载。卑微的（整车厂拒绝能量密度低的电池材料） LiFePO_4 成为充电率新加冕的国王。Ceder 说，其他所有事情都以正确的方式进行，该电池未来的版本的充电速度应该可以和提供果汁一样快。（给其 4 ~ 5 年时间生产，他在 2009 年说道。）他说，例如手机和笔记本电脑，可以在一分钟以内充电。那么对于电动汽车呢？问题是如何能够快速的提供电力，而不是如何快速的接收。他推测可以在 12 分钟内对插电

式混合动力汽车的电池组充电。如果可以在 12 分钟内充满，那么能量密度就不再那么重要了。

8.14 阻抗和快速充电

电池的阻抗决定在阳极形成锂枝晶之前的最快的充电速度。（如果需要快速充电电池，那么希望阻抗尽可能低。）传统 LiCoO_2 有一个相对较高的阻抗 40 欧姆 / 平方厘米， LiFePO_4 有一个相当低的阻抗 12 欧姆 / 平方厘米。A123 致力于使其 LiFePO_4 电池的总单位面积阻抗降至 8 欧姆 / 平方厘米。这在 A123 最近的 LiFePO_4 电池专利申请书中有很好的说明，因此我将和你一起分享。我会列入相关的网址以便你亲自查阅。

A123 通过阻抗的含义说明：当以很高的速率充电时，电池电压会增加。阻抗越高，保持电流流动所需的电压越高。那么你会问这为什么会形成锂枝晶？当电池以较高速率充电时，正极电势增加，负极电势降低。在较高速率时，负极的电势相对于 Li/Li^+ 降到 0 伏以下，这时在负极就会形成锂枝晶。

你或许还记得锂枝晶会引起电池失效，电池中的金属锂是安全隐患。快速充电会减少电池的循环寿命，但是 LiFePO_4 本身能够防止锂枝晶生成。

例如，含有 LiCoO_2 的传统 4.2 伏的锂离子电池，最大充电电流还由正极电势限制。正极的高电势将会引起电解液的氧化，这将导致电池寿命降低，充电中磷酸锂的平均电压较低。因此，正极使用磷酸锂作为活性材料使在到达电解质氧化电势之前可以更大程度地提高正极电势。

需要简短介绍一下阻抗和内阻。阻抗可以描述为锂离子试图到达阴极中的休息处时所遇到的小阻碍。这些阻碍使离子减速并消耗能量。这和电阻不太一样，电阻会产生热。阴极完全不会发热，它只是利用这些能量障碍延迟加载和卸载过程，使其不能以理论上的最大速度嵌入。在一些电力系统中阻抗和内阻在数学上是等价的，但是含义不同。

8.15 能量密度和功率密度

你可能听说过 LiFePO_4 已经“无法满足所需”的说法（我们能这么说么？）这是由于（整车厂认为）其能量密度过低，是这样吗？让我们探讨一下这个问题是否正确。

首先，能量密度究竟是什么？能量密度单位为瓦时每升 ($\text{W} \cdot \text{h/L}$)，因此其是运行时的的问题（对于一定体积的电池可以行驶多少英里）。电动汽车能量密度的另一个单

位是瓦时每千克 ($\text{W} \cdot \text{h/kg}$)，或称为比能量（对于一定质量的电池能行驶多远？）。

电池的功率密度的单位是瓦特每千克 (W/kg)。LiFePO₄ 比包括整车厂使用纳税人资金开发的最新最好的锂离子化合物在内的其他锂离子电池的功率密度都要好，简单来说，功率密度指使用同样的结构和化学条件既能超快速充电又能大功率驱动。

是的，我使用字母“H”表示功率，你对电动汽车功率来自于电池感到惊讶吗？这是真的。在陈旧的燃油车中是发动机提供功率，油箱大小决定续驶里程。在新型电动汽车中，功率和续驶里程由电池组决定。当踩上加速踏板，电动机要么迎接电池组的挑战，要么就放弃。另外，这与产生电动汽车功率没有什么关系。

A123 AMP-20s 的功率密度达到惊人的 2400 瓦每千克。中国方形 LiFePO₄ 电池没像 A123 电池一样对功率密度进行优化，但是不用担心，它们同样能驱动汽车。

为了帮助你了解电池组的马力，可以在说明书中查找“最大放电电流”。你想要知道电池组瞬间可以提供多大的电流，一般为 10 ~ 15 秒，这取决于你向谁提出这个问题。Hipower 的 200 安时 LiFePO₄ 电池可以在一个 10 ~ 15 秒的“爆发”时间内提供 1000 安电流 (5C)，这足够用于悍马在高速公路甚至上坡时行驶。同样的电池可以以 600 安的 3C 放电率连续运行。

LiFePO₄ 相较于其他锂离子电池的优势在于 LiFePO₄ 电池组可以进行脉冲放电而不减少循环寿命。然而正如我们之前讨论的锂枝晶，对于分层金属氧化物和尖晶石阴极，大电流恰好会导致循环寿命的减少。

LiFePO₄ 相较于铅酸电池的优势在于其 Peukert 效应相对较弱，只在 80% 放电附近比较明显。解释一下？在电池组快要耗尽时，你就很难跑快车了。如果想要偶尔增加电动汽车的续驶里程（LiFePO₄ 对此也是容许的），在 80 英里以后你就要谨慎地驾驶。

8.16 “大自然母亲” (Mother Nature's) 的电池管理系统

让我们简单讨论一下热失控——锂离子电池禁忌的话题。你肯定在 YouTube 上看过“笔记本燃烧”的视频，如果你和我一样也会对你和你的家人乘坐一辆 500 磅的“热失控”载货车感到犹豫，这是一个合理的担忧。我很高兴告诉大家 LiFePO₄ 的安全性远高于其他锂离子电池，为什么？因为每个分子都有一个化学安全链，这有助于整个电池的稳定性。

是这样的：你曾经在山区上行驶过并看到失控载货车缓冲区吗？如果没有，我试着描述一下：载货车缓冲区主要是用深的砂砾填充的减速区，在载货车下坡制动失灵时可以通过深的砂砾以及一个平缓的上坡使载货车安全减速至停车。不论这种情况是否发生， LiFePO_4 每个分子都能自动运行，这就相当于失控载货车缓冲区。化学家认为锂离子磷酸盐的氧化产物是稳定的磷酸铁（这就是我所说的“砂砾沼泽”，在电池中氧化是下坡过程，稳定性是指化学反应想要停止的状态）。另外，锂离子磷酸盐的完全氧化（能量小山的底部）发生时电压相对较低（3.4 伏），并且磷酸盐由于其强有力的化学键，是非常耐热的分子。

另一方面，其他锂离子化学物质严重依赖于化学制动不失效，并且必须利用复杂的故障——安全电池管理系统以确保热失控没有机会发生。实际上，故障—安全锂电池管理说起来容易，做起来很难。

由于“大自然母亲”做得很好，以至于很难再改进，当置身于她管理之外时，我们发现方形 LiFePO_4 电池的电池管理好像更好。如图 8-6 所示，TurnE Conversions 的优良的 LiFePO_4 电池管理更多的是观察而非干预，这部分内容将在“ LiFePO_4 电动汽车电池的最佳实践”章节中详细讨论。



图 8-6 来自 TurnE Conversions 的 A123 公司的 LiFePO_4 电池组的电池管理系统

8.17 热失控的解释

什么是热失控？简单地说，是锂使自己着火趋势。当我们首次发现锂擅长储能时，我们试图用它制作电池。在对铅酸电池和其金属铅电极有经验的情况下，使用金属锂电极制作锂电池似乎是可以的。

它们有超出人们意料能量密度。特斯拉汽车会为此感到自豪！

而不幸的是，它们也具有着火倾向。从分子水平看，这是由于锂的氧化反应发热量大，意思是反应发生就会释放热量。一个分子反应放出热量使周围分子反应速度加快，导致了不受控制反应恶性循环。这是热失控的基本原理。

热失控可以在一节电池内部发生，也可以以同样的方式在一组电池中发生。如果一节已经着火的电池放置在其他没有着火的锂电池旁边，那么很快电池组中所有的锂电池就会燃烧起来。

在第一节锂电池研制出来的后续几年里，研究证明了如果首先使锂溶解，带正电的锂离子相较于金属锂要温和得多——尽管能量密度要差一些。科学家发现如果他们对锂离子电池而非锂金属电池采取合理的保护（尤其是在充电过程），那么电池将会很正常地工作。

大部分自身容易热失控的锂离子电池同时也是能量最密集的，如锂钴氧化物，其在 302°F 达到热失控温度。自身最不容易热失控的锂离子电池同时也是能量最不密集的，如磷酸锂，其热失控温度为 518°F。其他锂离子电池介于两者之间，锰尖晶石成为最安全的 LiFePO_4 替代物，热失控温度为 482°F。据我所知没有自然法则表示锂离子电池的能量密度和热稳定性必须密切相关，只是暂时发现是这样的。

总之，什么导致了离子电池如此不受控制？对于一个完美运行的没有制造缺陷的电池，过充电能够使其爆炸。在充电过程中应该注意防止爆炸发生。短路也能够产生足够的热量使一个良好的电池爆炸。碰撞使电池破裂将锂暴露在空气中从而导致其他功能性电池爆炸的热失控。电池还会有制造缺陷，这是 2006 年著名的索尼笔记本电脑着火的原因。记得吗？那一年热失控成为家喻户晓的名词。

根据“电池大学”（Battery University）的说法，这件事发生的原因是在电池制造过程中偶然混进了微小的金属粉尘，导致 20 万节电池中有一节发生内部短路。即使一个良好的功能性电池管理系统能够保护电池防止过充电和内部短路，但是对于那样的内部短路的电池，外部电池管理系统也不能防止热失控。

8.18 LiFePO_4 电动汽车电池的最佳实践

到在介绍了这么多之后，目前问题仍然存在：电动汽车改装者如何使用 LiFePO_4 电池组得到最长的寿命和最满意的效果。我认为这个问题最好咨询有着多年电动汽车改装经验的人们。

我想介绍一些朋友，多年以来我一直很尊敬和信任他们关于电动汽车改装的观点：盐湖城 Lithium Storage 的所有者 Mike Collier 一直向关系密切的电动改装者销售 LiFePO_4 电池组，至今已有好多年；来自加拿大电动汽车（Canadian Electric Vehicles）公司的 Randy Holmquist 对于使用锂和铅的电动汽车系统已有多年的实践经验；来自 EVTV 的 Jack Rickard 在过去的几年一直对这些 LiFePO_4 电动汽车电池进行后续实验，还经常使它们失效以观察其表现。你可以通过 EVTV 在线观看 Jack 的实验过程，我敢打赌他对于这些电池所认识到的事情，即使是制造商也会感到吃惊。

我向这些人询问了电池组平衡、接线、电池箱安装、电池管理系统（BMS）以及冷却相关的问题，但是让我惊讶的是我了解到在寒冷的季节电池组在充放电过程中的保温是要比冷却更加重要的问题。并且出于安全考虑还需要了解一些关于第一次启动的事项。

➤ 均衡

问题：我曾经听说过在你的电动汽车电池组中使用的是顶部均衡法和底部均衡法，你能告诉我均衡电池组都涉及哪些内容，以及为什么要均衡吗？

Mike：底部均衡法需要将所有电池单元电压都消耗至基准电压，顶部均衡法通过分流使所有电池单元都到达统一的峰值电压。均衡的幕后原因在于这些锂电池单元的制造是不均等的。一节 100 安时电池实际上可能是 105 安时或 109 安时的。因此对于电池组本身，其单体电池容量存在差异，该电池组在使用中会出现问题。如果使用顶部均衡电池组，那么所有电池单元就会出现底部不均衡，反之亦然。一些人不喜欢顶部均衡法，因为他们知道使用者会驱动电动汽车直至电池组“排干”并且导致一些电池保持在较低水平。对于底部均衡的电池组，一旦电池组中首个单体电池达到峰值，你最好停止充电。均衡是建立一个共同的电压参考点，并适度地保持在其许可范围内。

Jack：在安装和其后对电池稍微的不饱和充电时，我们主张使用底部均衡，这似乎能用于多辆汽车、多个单体电池以及几千英里。自从早期对雷天电池进行一些实验

后我们一直没有使用分流装置，它们是多余的并且大多数情况会很危险。电池分流装置增加了每个电池持续在最大电压的时间，通过分流电池单元和为剩余电池单元补充能量来基本保持这样的状态，直至其他电池单元赶上。

Mike: 锂电池有一条相当平直的放电曲线，并且在最大 80% 放电容量之内其工作良好。（在我们电动汽车改装过程中有一个新思路。）为什么不限制工作电压范围而只利用平直的那一段曲线呢？因此对于 CALB 电池，限制其在 2.9 ~ 3.45 伏使用，而不是 2.5 ~ 3.6 伏（当电压回升就中断充电，当电压开始下降时就中断使用）。曲线陡峭的尾部无法提供有效的能量，同时陡峭的前部需要额外的能量和时间充电，也许这只利用了电池组的 70%，但是循环寿命将会增加，均衡也不再是一个非常敏感的问题。

➤ 电池管理

问题：一个好的 BMS 的性能有哪些？如何区分 BMS 的好坏？

Mike: 如何分辨好坏？可以问问周围经销商通常选择什么样的销售。每个人都可以制作一个 BMS，但是经销商不会销售一个带有大量服务问题的 BMS。一个好的 BMS 应该能够满足你的需要，这是非常主观的。我的公司要求 BMS 能够保护电池组防止过充电并在电池耗尽时适时地发出警报信号。一个 BMS 可以按你所需的，尽可能的简单别致或尽可能的精美复杂。

Jack: 我们根本就不使用 BMS。

➤ 冷却

问题：如何保持我的电动汽车电池组足够冷却，并且怎样的冷却才是足够的？

Mike: 我认为新的整车厂生产的电动汽车设有大量冷却系统是十分荒谬的，CLAB（中航锂电）希望最大充电温度为 113°F，最大放电温度为 131°F。中聚电池可能能够容忍更高的温度。两者都将由美国保险商实验室认证，因此我们将看到该规定的规格如何坚持不被推翻，但是 113°F 可能会。想象一个安装在掀背式电动汽车中的电池组在美国亚利桑那州停放在太阳底下，其可能会变热超过 113°F！人们通过风扇和 / 或在电池组附近以及有时在单体电池之间增加水套来对电池组进行冷却。我们产品最坏的情况是他们会对一些液体电解液开通风孔，这些有通风孔的电池会损失一些容量。一些塑料外壳会发生膨胀。

➤ 足够温暖

问题：如果我所处的地区天气寒冷，是否需要采取预防措施保持我的电池组足够温暖？那么对于充电过程呢？是否有最低充电温度？

Mike：再次引用 CLAB（中航锂电）的保守规格：32°F 是充电时的最低温度，-4°F 是放电时的最低温度。在寒冷的气候中最好的方法是在有供暖设备 / 保温的车库中对电动汽车充电。[一些改装者]制作了水套使电池组温度保持在摄氏零度上。

图 8-7 所示为德国的采用软件程序设计的用于 Smart 电动汽车的 60 安时电池箱。TurnE Conversions 当前使用 4 排 70 安时电池，16 节电池串联，2 节电池并联。一些则是使电池组完全隔热。最坏的情况是锂的析出，电池组开始失效。

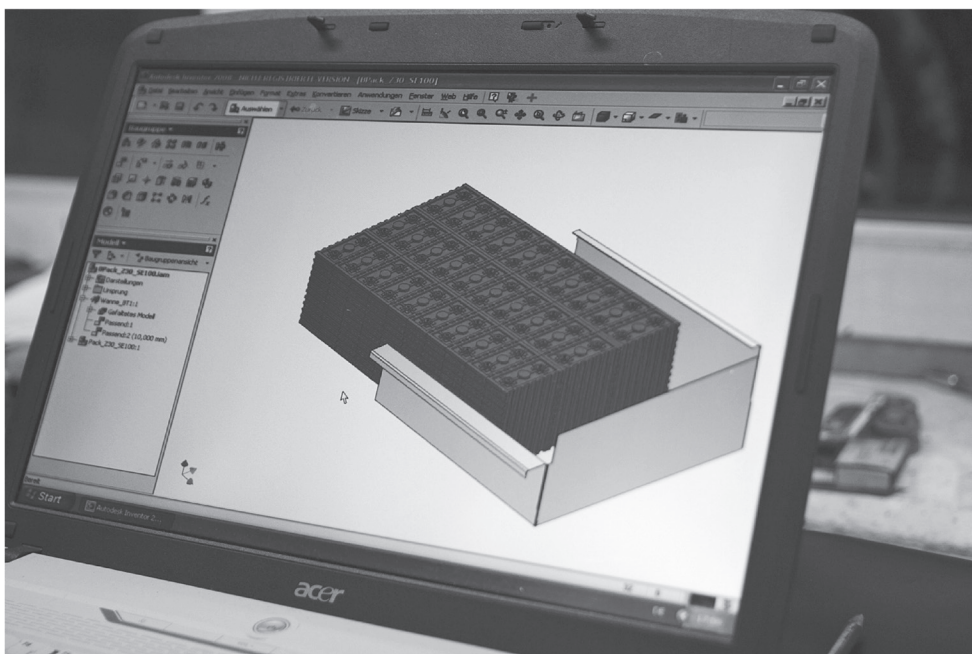


图 8-7 Smart 电动汽车的电池箱 CAD

➤ 充电

问题：当人们换掉铅酸蓄电池而采用方形 LiFePO_4 电池时，是否需要更换不同的充电机？是否需要养成新的充电习惯？

Randy：只要使用 BMS，那么大部分充电机都可以为锂离子电池充电，当充电过高时 BMS 会使其停止。即使一个老旧的充电机，也可以和外部继电器一起使用来中断充电。

➤ 电池箱安装

问题：电池箱安装在何处能得到最好的性能？

Randy：电池应该尽可能安装在汽车中部和低处。电池应该埋在汽车地板之下而不是之上。在一场事故中，置于地板之上的电池可能会变成一个飞弹；如果置于地板之下，则电池不会偏离的很远。图 8-7 所示为采用 CAD 设计的 Smart 汽车电池箱，它是 2.5mm 铝材经过激光切割、弯曲、焊接而成。大部分汽车在后座椅下方放置油箱，对于一些或者所有电池来说这也是一个理想的位置。在地板上割开一个洞并焊接入电池箱使其至少一半高度在地板以下。焊接电池箱是为了保持车身结构的完整性。图 8-8 所示为 Smart 汽车底部的纸板和胶布。我们经常在发动机舱内放置剩余的电池以保持合理的前后重量比。不要在后轴之后安装电池，这样会影响汽车的操纵性能。

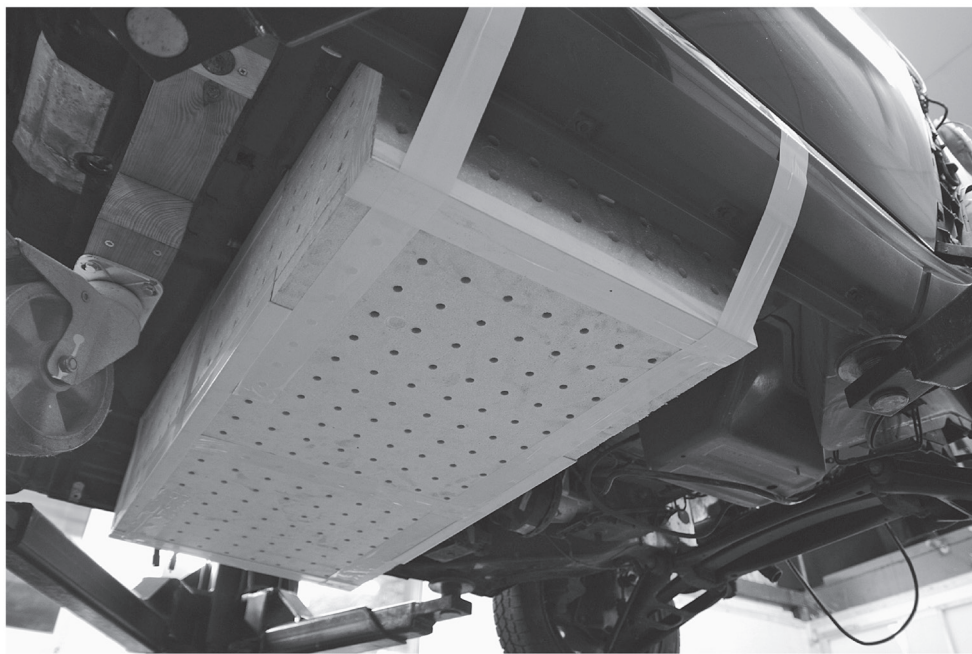


图 8-8 电池安装位置

➤ 电池接线

问题：我认为对于较高的电池组电压应该使用较小线规，是这样吗？你能简单给我介绍一下经验法则吗？

Randy：我们所有的车辆使用的都是 2/0，[虽然] 它对于 96 ~ 120 伏范围的低电压汽车有点小并且在急加速或爬坡时会发热。在较高电压系统中，使用较大电缆的电

阻将比较小电缆的小并且运行不易发热。我认为为了少量减轻重量而在较高电压系统中使用轻型较小电缆是不合算的。

问题：对于 LiFePO_4 电池你是否使用并联？需要这样吗，还是串联连接就能获得所需的容量？

Randy：我从来没用过并联的锂电池。对于并联系统 BMS 很难正常工作。最好的方法是使用容量大的大电池，随着车龄增长，由于连接而引起的麻烦会较少。

➤ 第一次启动的安全提示

问题：关于第一次启动还有其他我们需要知道的事项吗？

Randy：对于新改装车的第一次启动只有一条安全提示：我们常常启动一个带有 30A 熔断器的设备。我们中断一个电池电缆并且使用带有 30 安熔断器的小跨接线。一个 30 安的熔断器足够启动从 DC/DC 变换器到电动机控制器的全部系统。你可以在供以全部功率之前通过轻踩踏板使电动机空档旋转来检验整个系统。对于 12 伏和高压系统都是使用这种方法启动。

8.19 小结

能量密度成为整车厂的“能量圣杯”（Holy Grail）已有一段时间，这或许是因为他们正在努力地向驾驶石油燃料车辆的人们销售汽车。我不是很明白，但是还可能是什么呢？

对我来说，只要我的电池组的能量密度足量或超足量，我就很满足了。现实中充一次电能够行驶 80 多英里对我来说已经足够了，并且 LiFePO_4 电池足够供给这些能量。

更好的是，如今你能以合理的价格购买到 LiFePO_4 电池，单次充电提供 80 英里以上的实际里程，适应快车行驶，即使偶尔增加里程，仍然有 10 年的使用寿命。是否仍然认为改装用的方形 LiFePO_4 电池组是仅次于整车厂电池组最好的选择？我认为我们很幸运。图 8-9 所示为美国福特汽车公司用于 Focus 电动汽车的电池组的制造过程。



图 8-9 用于美国福特 Focus 电动汽车的电池组的制造过程

充电机是每一辆电动汽车电池系统不可分割的组成部分。电池的放电和充电是同一枚硬币的两个面，你不可能拥有一面而没有另一面。正如我们在第 8 章所介绍的，电池的充电方式决定着它们的使用效率和最终寿命。与电动机、控制器和电池一样，技术进步也使得今天的充电机性能比十年前要优越很多。

因为电动机、控制器、电池和充电机都是电气系统相互联系、不可分割的组成部分，这些在本章也将会有所涉及，既包括需要高压、大电流的重要部件，也包括低压、弱电流的仪器仪表等部件。

本章中，你将会了解到充电机的工作原理和不同类型，了解属于你的改装电动汽车的最佳类型的充电机，并展望未来的充电趋势。你也将详细地了解电动汽车的电气系统及其组成部分，以便在第 10 章改装过程中遇到它们时，会感觉比较熟悉。

9.1 充电机概述

第 8 章主要介绍了放电和充电的内容，现在我们将更进一步地来研究充电部分。在充电机上花费几百美元是一项明智的决策，这样就可以节省出一个 1000 美元甚至更贵的电池组，而且在你的电动汽车使用期间还可能需要更换若干次。一个高效的充电机是任何一辆电动汽车都必不可少的组成部分。

这里将简要介绍充电机的背景，并带你了解适用于你的电动汽车的电池充电机。现在你有三种充电机可以选择：自己做一个；买一个非车载充电机；买一个车载充电机。我们将会依次研究每一种类型，并且我将会提出我的建议。就让我们来看一下铅酸电池在放电和充电循环内都是怎样工作的吧，这也是为了了解充电机都需要做些什么。

9.2 电池的放电和充电循环

正如从第 8 章所述，在放电和充电——两个完全不同的化学过程发生的时候，电池的表现截然不同。在充电环节的不同阶段，电池的表现也不相同。我们先来看一下真实的电池，然后详细分析放电和充电循环的不同特性。

➤ 从电池循环寿命测试中你可以了解到什么

图 9-1 所示为我们在第 8 章研究过的 Trojan 27TMH 深循环铅酸电池的循环寿命测试结果。对循环次数中的两项参数进行监测：在 25 安时电流时的分钟数和充电终止电流。在真实的电池数据曲线上有很多的波动，但这种电池在 358 次循环之后并未真正报废；这只是一个（由电池测试工程师）指定的称谓，在这一点上电池的容量将会降到额定容量的 50% 以下。

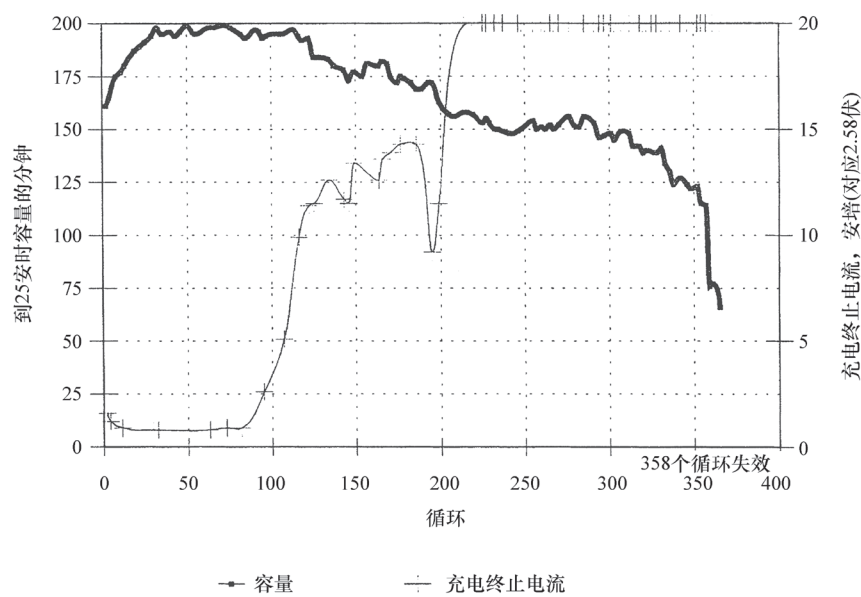


图 9-1 Trojan 27TMH 深循环铅酸电池循环寿命测试结果

充电终止电流（EOCC）对你来说可能比较新颖。注意在电池循环寿命早期这个值是很低的（大约为 1 安），但随后会稳步上升，直到大约为寿命一半的某个点时达到它的极限值（此图中大约为 20 安）。

这些对你来说意味着什么呢？

- 它意味着电池的充电电流在其寿命期间内波动很大。

- 它意味着，在没有任何电流控制的情况下，在充电期间通过加入非稳压电源产生很少量的电流，你就可以很快地毁掉一块新电池。
- 它意味着当你在为半旧的电池充电时必须得调大电压和电流。最后的两个方法，你不能将充电机接到你的电池上，设置好，然后就不管了，因为电池的充电需求总是随着充电循环和温度还有放电深度而不断变化的。

密封的铅酸电池（通过加入少量的钙可以加水维护）没有这些特性。它们的充电终止电流（EOCC）相对平缓，因此你可以对它们更为容忍。（但是它们价格较高——相当于你提前支付了维护费用。）

➤ 电池的放电循环

我们首先观察一下放电循环，以便与充电时的参数变化进行对比。电池放电时，容量、电池电压和比重都会随时间而降低。图 9-2 显示了这些关键参数的变化情况（假定 78°F 为标准温度）：

- **安时**——表征电池容量和荷电状态（SOC，本例中直线以下区域）。从充满电到完全放电它随时间线性下降。
- **电池电压**——电池电压明显下降，从充满电时的 2.1 伏降到放电终止时的 1.75 伏。
- **比重**——从充满电到放电终止，比重线性下降。

➤ 电池的充电循环

电池的充电和放电是相反的。图 9-2 再一次向你显示了关键参数的变化情况。

- **安时**——这和放电的情况是相反的，除非由于损耗和发热等原因你必须充进去的电要比放出的电多（通常增加 105% ~ 115%）。直线以下区域从放电终止到充满电随时间线性增加。
- **密度**——电池充电时，电解液密度会随时间大幅增长，因此在充电循环内测量密度不是一个好想法。在充电循环的早期阶段，密度增长缓慢，因为充电时的化学反应刚刚开始。随着硫酸浓度的增加，密度也开始快速增长，在充电循环结束时析出的气体进一步促进了它的增长。
- **电池电压**——电池充电时，电压也随时间大幅增加，因此在充电循环内测量电压也不是一个好想法。注意电池电压会迅速上升到标称电压 2.1 伏，然后缓慢

增加直到荷电状态（SOC）的 80%（大约为 2.35 伏），然后快速增加直到 SOC 达到 90% 的时候（大约为 2.5 伏），然后又缓慢增长，到充满时为 2.58 伏。

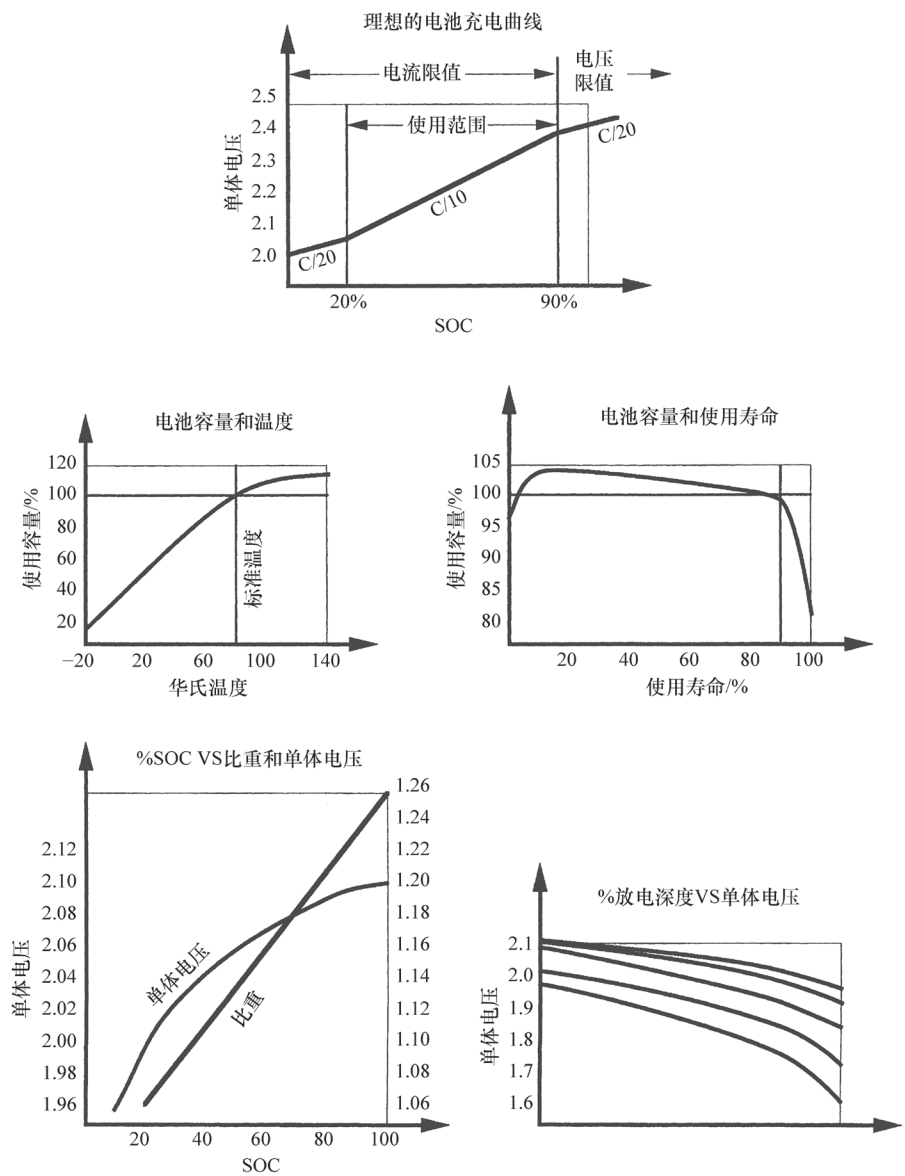


图 9-2 电池放电和充电循环总结

9.3 理想的电池充电机

电池充电是放电的逆过程，但是充电速率直接决定电池的使用寿命。基本规则是：放空后立即充电，并且一直到充满为止。充电速率的规则是：充电循环开始和结束（低于 20% 和高于 90%）时慢点充。

当铅酸电池完全放电或充满时,由于电池内阻的变化,其储电能力将会下降。在此期间,试图快速充电将会导致气体析出并增加电池内部的发热量,从而会大大降低电池的使用寿命。理想状态下,在充电循环初次达到 90% 之前,应该限制电池的充电电流,在充电循环初次达到剩余 10% 的时候应该限制电池电压。任何一种方法自身都做不到这些。图 9-3 说明了其原因。

当人们认为充电机非常重要的时候,让我们来看看 AeroVironment 和汽车公司 TH!NK 都在做些什么。我在网站上是这样写的:

大众接受电动汽车是毫无问题的,但是却不能仅仅将它引入市场。它必须得和汽车加油一样便捷,这样过渡才能更容易一些。

“TH!NK 和 AeroVironment 正在为超快速充电确立新的标准——从 0 充到 80% 仅需 15 分钟,” TH!NK 公司 CEO Richard Canny 说。“这是电动汽车的一个重大飞跃。超快充电站的开发和布局将有助于加快美国和全球汽车的电动化。”

图 9-3 中右上方的图显示了在理想情况下恒压充电。这一恒定电压通常设定在一个水平上,这时充电析出的气体导致流经电池的电流随时间而下降。不幸的是,由于电流无法限制,这一方法让更多的电流流进了空电池。将 100 安或更多的电流充进完全放电后的空电池可以损坏这一电池或者严重降低它的使用寿命。

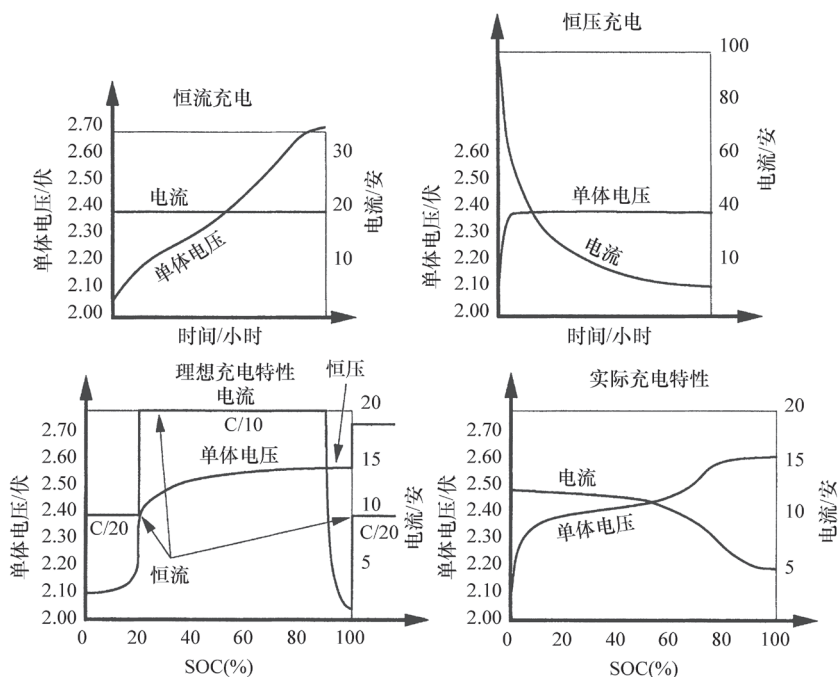


图 9-3 理想的和实际的铅酸电池充电特性

我们来看在所有的四个 SOC 阶段的理想方法—— $0 \rightarrow 20\%$, $20\% \rightarrow 90\%$, $90\% \rightarrow 100\%$ 和 100% 以上。图 9-3 所示的就是这些结果。

➤ $0 \rightarrow 20\%$ 的充电

完全放电的电池充电循环的前 20% 是一个关键阶段，你应该认真对待。在第 8 章时曾提出所有电池都有一个标准化的 20 小时的额定容量。在充电速率为 20C 时，每一个电池都可以达到其额定容量的 100%。在充电循环的前 20%，在不超过 20C 的充电速率下恒流充电是很理想的。

9.4 实际应用的充电机

内燃机汽车所用的起动电池是通过它的发动机驱动的交流发电机来实现充电的，其输出由一个稳压器来控制。当低于 1% 时起动电池将会以其典型的汽车模式进行放电。交流发电机的额定输出功率由此被设定，稳压器确保电压不至于上升到 13.8 伏——很简单。那干吗不用同样的装置来为你的深循环电动汽车电池充电呢？

答案是电压，电流和不稳定！

没有采用这个方法是因为电动汽车的深循环电池组串联电压可能为 96 伏或更高，但是交流发电机一般都是设定为驱动 12 伏的起动电池的。假设你可以调整交流发电机或者去买一台合适电压的型号并有一台合适的电动机来启动，发电机将会输出太大的电流给完全放电的深循环电池组并且会充电太快。你将会在短时间内损坏或毁掉你的电池——这是它不稳定的一面。你的稳压器不仅没用，在这一循环的最后 10% 它还会阻止每块电池的电压上升到 2.58 伏，并且在均衡充电过程中不会使电压进一步上升到 2.75 伏。

解决办法是交流电源、变压器、整流器、稳压器（电子智能调整或手动调整）和计时器——这准确描述了当今的电动汽车电池充电机的组成。

图 9-3 右下方图所示的 X 型图案代表了大多数实际应用的充电机输出特性。使用恒流、恒压、渐变和充电终止电压随时间变化法或者组合使用，所有电池充电机都会在充电循环内随着电池电压的上升电流不断减小。幸运的是，你可以买来现成的产品以满足你的需要。但是在购买之前，你必须想清楚，以确保所买电池充电机能够做你想让它做的事情。

电池充电机通过一个公式来进行大小分类，该公式规定充电电流决定了你需要

的充电机的大小，115% 是考虑损失的效率因子，并且直流（DC）负载为任何与电池相连的东西（该值为 0，假设充电时你断开了你的电池与电动汽车电气系统之间的联系）。你已经熟悉了电池的容量和时间。你可以把 20 安的充电机与 120 伏的标准家用交流电源插座相连。更高电流的充电机要求专用的 240 伏交流电——就是带动你的家用电炉或服装烘干机的这种。我们来看一下你的实际选择吧：自制的和几款你可以买到的现成的充电机。

并且，三相电主要应用于工业和电网，家中不用，家用的都是单相的。电动汽车通常使用三相电动机，它的电压和频率必须随驾驶工况的变化而变化。

使用车载式充电机还是非车载充电机是另一个必须考虑的问题。车载充电机重量轻，功率损耗小，可以让你的驾驶更方便（随时都可以充电）。有一些商用的电动汽车控制器，例如在第 7 章讨论过的 AC propulsion 公司的产品，甚至和车载变频器 - 控制器以及电池充电机共用零部件，以最小的零件数和最大的效率发挥作用（电流流动自动决定电路的功能——棒极了！）。外接充电机可以提供较大的充电功率，这在充电站里意味着最小的充电时间，另外还有许多其他特点。

下面我们将讨论当今市场上两种最受欢迎的充电机。它们是行业的标准，而且已被市场真正所接受。

➤ 美国充电点（Charge Point America）计划

据《纽约时报》报道，“美国充电点计划”将在美国的九个地区为项目参与人员提供 4 600 个充电站，它们是：

- 德克萨斯州的奥斯丁
- 底特律
- 洛杉矶
- 纽约
- 佛罗里达州的奥兰多
- 加利福尼亚州的萨克来门托
- 圣弗朗西斯科港区的圣何塞
- 华盛顿州的雷德蒙德
- 华盛顿特区

这是三大汽车品牌（福特、雪佛兰和美国 Smart）的一项战略性伙伴计划。

Coulomb 拥有目前世界上最多的已建成的网络化充电站，仅在 2009 年就为 130 多名顾客提供了 700 多个。

➤ Manzita Micro PFC-20

有人说“比 Zivan 贵，但比它值”。图 9-4 所示为 Manzita Micro 的图片。其部分技术参数如下：

① PFC-20 是专为标称电压为 12 ~ 360 伏（峰值电压为 14.4 ~ 450 伏）的电池组设计的。它的功率系数进行了修正，可以输出 20 安（如果电池电压低于输入电压），也可以从电线输入 20 安（如果电线电压低于电池电压）。在 PFC-20 基础改进的降压 / 升压型（Buck/Boost）充电机可以把输出电流提高到 30 安。在用户设定的时间过后，程序计时器将会关掉充电机。

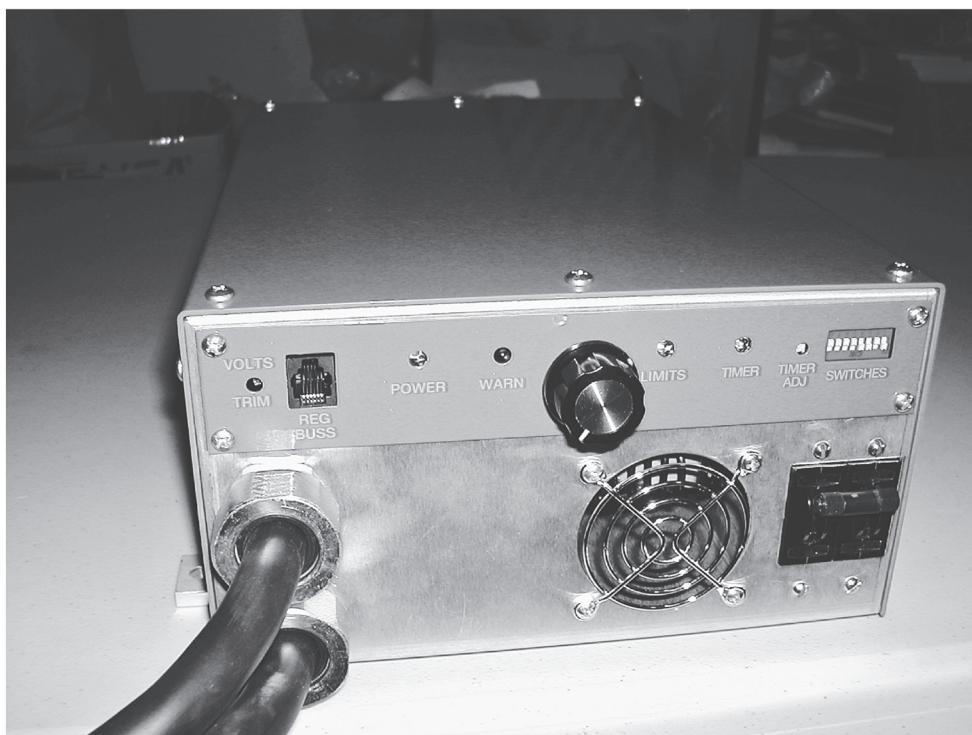


图 9-4 Manzita Micro PFC-20 型充电机

② 安装说明，请登录网站 www.manzanitamicro.com!installpfc20rev Cnophotos.doc 查询。

图 9-5 所示为德国 TurnE Conversions 使用的 Eltek Valere 充电机。它是 IP20 的变型，只能利用 CAN 网络进行通信。这款充电机使用 3 毫米 × 2.5 毫米线缆进行充电，

如图 9-6 所示。这是一种带有 CEE 插头的线缆，并且将不可避免的切换到 1 级和 2 级充电机，这一点在本章后面我会讲到。将来我们都会切换到 1 级或 2 级充电机。

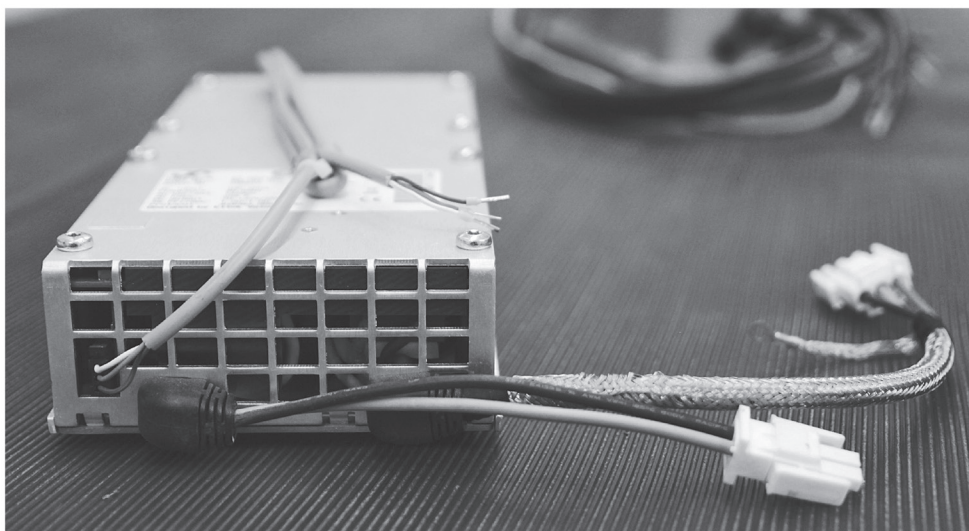


图 9-5 TurnE Conversions 在其电动 Smart 中使用的 Eltek Valere 充电机



图 9-6 电动 Smart 充电系统所用带 CEE 插头的线缆

➤ Zivan NG3

Zivan 是一款很受欢迎的充电机。它被两大著名的电动汽车所采用，Corbin 汽车公

司的 Corbin Sparrow 和克莱斯勒所属 Global 电动汽车公司的一款低速电动汽车 GEM。

依个人观点来看，我以前在 GEM 车上使用过这款充电机，效果不错（图 9-7）。



图 9-7 Zivan NG3

Zivan 是电动汽车领域的一款知名的充电机。关于 Zivan 充电机，我最喜欢的就是它是由微处理器控制和保护的，可以防止出现电流过大或短路。这种充电机也能确定电池是否有问题并通知你，便于你实时对电池组进行恰当的保养。也可以选装温度传感器，以使电流输出适应任一种电池，这可以延长电池的使用寿命。此充电机的效率可以达到 85% ~ 90%，这非常高效，因此可以最大程度的节约电力成本。

9.5 其他电池充电方案

面对你可以获取的无数折中方案和当今商业上可以获得的电池充电机，以及你自制的方式（使用当今先进的电子器件），这些都是以后新的发展方向。这些包括快速充电技术、感应充电、电池组快换和基础设施的发展。让我们分别都看一看吧。

德尔福汽车就为一款电动汽车配备了德尔福无线充电系统，一种采用 WiTricity 公司开发的技术生产的高效无线能量转换系统。在今年的美国汽车工程师学会（SAE）世界大会上，德尔福将要展示了它的试验车辆。

“这是我们努力为汽车制造商提供实用的无线充电解决方案的研发工作取得的重大进展，我们认为这一方案优于其他所有的建议方案。”德尔福 Packard 电气 / 电子构架全球混合动力汽车开发经理 Randy Sumner 说。据 Sumner 说，俄亥俄州 Champion 市的德尔福客户技术中心曾将德尔福的无线充电系统安装于一辆纯电动 TH!NK 城市试验车上，并证实该系统的性能满足汽车市场的要求。

无线充电系统消除了对充电线的需要。

- 驾驶人可以直接把他们的电动汽车停在位于车库地面或镶嵌于停车场地面上的

无线能量源之上。

- 其他正在开发的无线充电系统利用传统的感应式充电，这一革命性的技术为未来的电动汽车驾驶人提供了更高效而又便捷的无线充电选择和灵活的电动汽车基础设施安装方式。这也是电动牙刷上使用的同一种技术，它是基于 19 世纪中期首次提出的原理开发的技术。
- 这些系统仅在有限的距离范围之内有效，因此要求精准的停车定位，并且外形庞大笨重，不利于在电动汽车上广泛使用。

“德尔福无线充电系统比传统感应系统的安装更实用、更灵活，因为它采用了高磁耦合共振技术——一种可以安全高效大距离传输能量的现代技术，并且能够适应于停车过程中的自然错位。”萨姆纳说。

这就意味着德尔福电动汽车充电站可以：

- 埋进地面
- 不受环境因素如雪、冰或雨的影响
- 适应较大范围的车辆外形和尺寸以及地面间隙

据 Sumner 说，该系统会以 3300 瓦的功率自动将能量传输给电动汽车的电池组（与大多数家用充电机一样）。“我们对系统的测试和评估感到兴奋，并认为我们拥有宝贵而独特的无线充电方案，可以为汽车市场上的广泛使用提供最大的潜力。在汽车制造商的支持下，这一技术可以整合到下一代电动汽车上，” Sumner 说。

➤ ECotality 与 Regency Centers 在美国 19 个地区开展合作

ECotality 股份有限公司宣布与 Regency Centers 集团结成合作伙伴关系，在美国 19 个 Regency 地区安装电动汽车充电站。作为最新的电动汽车项目伙伴，ECotality 和 Regency 通力合作确定将要在 19 个地区安装大约 40 个电动汽车 Blink 充电站，这些地区位于亚利桑那州、加利福尼亚州、俄勒冈州、田纳西州、德克萨斯州和华盛顿特区。图 9-8 显示了其中的一个充电机。

“我们的目标是部署一个 Blink 充电机网络，能够便捷地安装于消费者工作、购物和娱乐之处，使我们与主要业主步调一致是实现这一目标的关键一步。” ECotality 公司的业务副经理 Colin Read 说，“和像 Regency 这样具有前瞻性的公司合作在全国范围内部署充电机网络，我们感到很兴奋，也明白了向他们的用户提供商业化电动汽车充电站的真正商业案例和价值。”

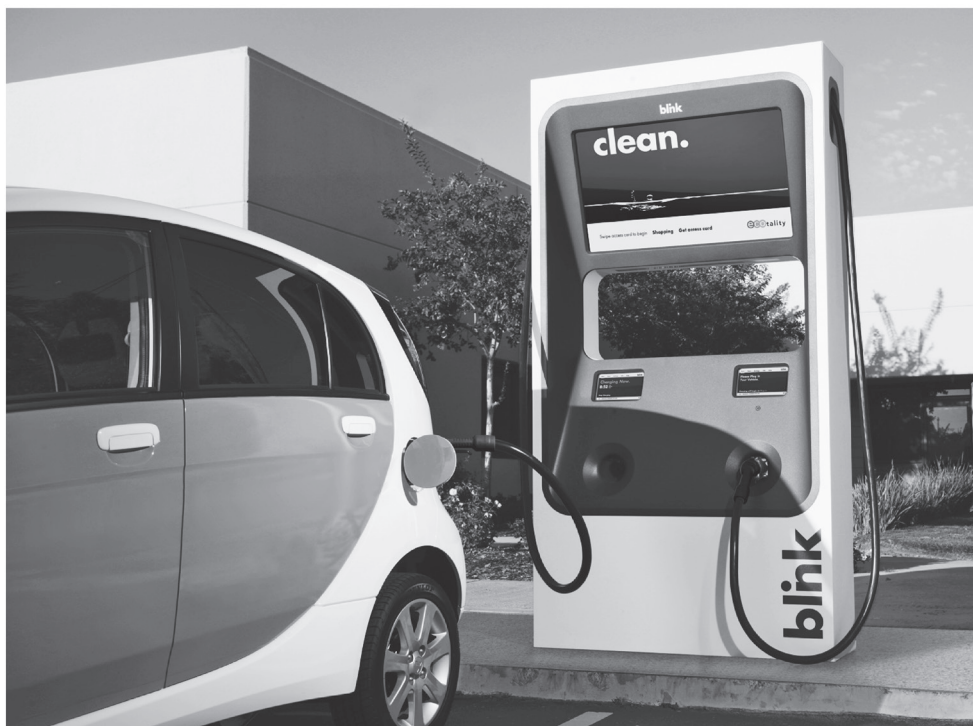


图 9-8 ECOtality Blink 直流快速充电站

Blink 充电站网络将为电动汽车驾驶人提供旅行的自由，如果他们一路选择在 Blink 商务区进行便捷充电的话。通过成为 Blink 的会员，消费者可以获得 Blink 网络的更大优势，例如当地的优惠计划，预订体系，加强的 Blink 网络能力。

“电动汽车充电站为顾客提供便捷的服务，展示和鼓励环保承诺，并催生潜在的未来收入来源。” Regency Centers 的全国财产经营高级副总裁 Scott Prigge 说。

Regency 的可持续性计划 “Green Genuity” 在绿色建筑设计、施工、运营和维护上采用最佳的做法来降低购物中心长期运营的费用和对环境的影响。电动汽车充电服务现在在圣弗朗西斯科、奥克兰和胡桃溪的工作场所以及零售地点都可使用，如图 9-9 所示。

CarCharging 集团宣布开始在加利福尼亚州的圣弗朗西斯科、奥克兰和胡桃溪市的由 Ace Parking 管理的六处物业内开展充电服务业务。CarCharging 现在正在加快在工作场所为电动汽车部署可见、快捷、易接入的充电服务区。这些新的电动汽车充电服务也会在交通流量较大的零售网点提供，包括圣弗朗西斯科的渔人码头。

“这些地点被选作新的电动汽车充电站是因为在海湾地区工作、购物和娱乐时，这

里经常有注重环保并寻找 Ace Parking 停车场的顾客出入,” Ace Parking 北加利福尼亚运营经理 Jonathan Wicks 说,“我们为我们的绿色首倡感到自豪,在我们继续推动公司作为环境友好型公司的同时,”我们也很高兴与 CarCharging 集团合作。



图 9-9 ECOtality Blink 充电位于网络商业停车场的电动汽车充电站

“与 Ace Parking 合作,我们已经在圣弗朗西斯科、奥克兰和胡桃溪市内一些交通流量大的区域建立起了电动汽车充电网络,” CarCharging 首席执行官 Michael D. Farkas 说,“我们很高兴与 Ace Parking 合作来部署我们的服务,并推行他们的环境友好的努力。我们都有一个相似的任务,那就是吸引并留住那些具有环保意识的客户。”

在 Ace Parking 的每一个停车位, CarCharging 都使用了 Coulomb Technologies 公司的电动汽车快速充电站,也就是 2 级充电站,它能提供 240 伏 /32 安的电源,为电动汽车电池快速充电。电动汽车充电站使用几乎被所有汽车制造商都采用的 SAE J1772 标准插头。

电动汽车驾驶人可以很方便地在网上注册并创建 CarCharging 账号,而且可以得到一个小卡片,将其串接到他们的钥匙链上就可以方便地在任何智能 CarCharging 充电

站进行充电和付款。CarCharging 的钥匙链卡也可以使电动汽车驾驶人使用 ChargePoint 充电网络中的充电站，这是全国最大的连接电动汽车驾驶人和电动汽车充电站的在线网络。CarCharging 也接受信用卡直接付款。使用 CarCharging 在网站 www.carcharging.com/ 上的地图，用户可以准确查找到电动汽车充电站的位置。

ChargePoint 在 iPhone、Android 和 BlackBerry 设备上的移动应用也会以交互的方式提供实时的充电站信息。驾驶人可以很快预订时间空档，确保进入电动汽车充电站时可为其电动汽车充电。

已经上市销售的电动汽车包括日产 Leaf、雪佛兰 Volt、丰田 Prius 插电式混合动力汽车、宝马 ActiveE、福特 Focus 电动汽车、Coda 和 Fisker Karma 等。晚些时候还会有其他的电动汽车车型上市。

➤ 电动汽车项目 (EV Project)

2009 年 8 月 5 日，ECOtality 从美国能源部获得 9980 万美元的奖金用来启动这一项目。该项目于 2009 年 10 月 1 日正式启动。2010 年 6 月，美国能源部又对该项目给予 1500 万美元的奖励。在合作伙伴的配合下，该项目目前总值近 2.3 亿美元。

ECOtality 正在美国范围内的主要城市和大都市区部署充电机。日产 Leaf 已经加入了该电动汽车项目，有资格参与的驾驶人都免费获赠一款家用充电机。并且，绝大多数，如果不是所有，安装费都是由电动汽车项目 (EV Project) 支付的。

电动汽车项目 (EV Project) 搜集并分析电动汽车使用中的各种地形和气候特点的资料，评估充电设施的有效性，进行多种商用和公共充电设施的赢利模式的试验。电动汽车项目的基本目标是从首批数千个电动汽车及充电设施的部署上汲取经验教训，并支持它们实现下一代的批量部署。

电动汽车项目 (EV Project) 允许 Leaf 和 Volt 车主在具备家用充电能力的基础上申请加入。因为大量的充电发生在电动汽车驾驶人的住处，所以电动汽车项目有一部分是资助在家用充电机，或者更确切地说，是 EV Supply equipment (EVSE)。作为允许搜集电动汽车和充电信息的交换，参加者都会收到一台免费的 Blink 壁挂式充电机 (图 9-10)，并且根据安装地点不同，最多可以获得 1200 美元的信贷资助。收集的信息包括电动汽车和充电设备两方面的资料，包括使用的电量，充电机使用的时间和时长。在分析的数据中不会涉及个人信息。



图 9-10 2012 年纽约汽车展上日产 Leaf 电动汽车采用的 EV Project 项目的充电机

9.6 快速充电

时下大量的论文都在讨论快速充电的备选方案，日本在这一领域可能是最具前瞻性的。简而言之，如果 8 小时内完成你的电动汽车电池组充电是可以的，那么在 4 小时内达到同样的效果将会更好。幸运的是，你可以使用脉冲直流、充电和放电交替脉冲，或者直接简单的高压等方式直流来实现这一结果。

不幸的是，你需要从 208 ~ 240 伏交流（208 ~ 240 伏三相电更好）开始，在充电过程中，可能会导致铅酸电池过热或缩短其寿命。但是，如果你把你的铅酸电池设计成适应这一特点（采用大量的较薄的铅电极、特殊的隔板和电解液）的话，那就会好一些。如果你的钱足够多的话，镍镉电池也可以。随着时间的进展（208 伏将会比 480 伏单相电多提供 50% 以上的电能），你应当多听一听这些想法。因为增加一条线，可以提供 3 倍的电能，世界上的电网都是三相的。三相电全波整流将会为你带来脉动较小的直流电。（第二、第三和第四谐波取消。）电动汽车中，三相发动机可以通过互换任意两相而实现倒转。

9.7 感应充电

➤ 日产和 Nichicon 在日本联合发布了“Leaf 到家”电力供应系统

日产汽车最近发布了“Leaf 到家”电力供应系统，当使用 Nichicon 公司开发的电动汽车电站（Power Station）时，该系统可以通过日产 Leaf 电动汽车的车载电池为家庭供应电力。“Leaf 到家”，或者如我在纽约州能源研发局（NYSEDA）工作时习惯称呼的“汽车入网”（V2G），是一个行业首选的备用能源供应系统，它可以将电能转换并储存于日产 Leaf 的大容量电池内以备家庭使用。2012 年 6 月初，日产将把该系统在日本的经销大厅里进行展示，以帮助提高电能管理效率并展示其与电动汽车结合的特性。具有讽刺意味的是，日产 Leaf 的充电方式和本书第一版发行时所描述的方式完全一致。

关于感应充电现在有许多可选方案。通用汽车的 Hughes 部门可能是这一领域内最具前瞻性的一个。图 9-11 拍摄于 1992 年 9 月份的 Burbank 替代运输博览会，展示了 Hughes 的理念。把后面的牌照取下后就露出了电动汽车的感应充电槽，将 Hughes 插头插入充电槽，并打开电源开关。使用其他安装于地面或前保险杠的感应充电装置时，你必须要把车位停靠准确。Hughes 的方法比加油还要容易。不必担心距离，不必担心泄漏，也不必担心电击的风险。



图 9-11 早期的 Hughes 感应充电系统插头和日产 Leaf 现在使用的几乎一模一样

Nichicon——电力供应系统的创新者，通过它的电动汽车电站单元将会把电从车

上送到家里。这种能源转换系统可以把电储存到日产 Leaf 车载的一个大容量的锂电池内，然后通过 Leaf 快速充电插头上连接的接头把车连接到配电柜中，最后送进普通居民家庭。这种电动汽车电站系统在尺寸上和空调外挂机很相似，可以安装在户外，并符合电动汽车快速充电机的 CHAdeMO 协议（Charge de Move Protocol）要求。CHAdeMO 是用于电动汽车电池快速充电方法的一个商标名称。Nichicon 系统的接头符合日本汽车研究所定义的标准。该系统可以在多种操作模式下运行，并且还有一个由液晶触屏控制的计时功能。根据家用用电容量和用电量，可实现电力的自动存储或供应。

电动汽车电站可以在几个小时内充满一辆 Leaf 的电池，仅相当于普通充电机所耗时间的一半。目前日本所有的日产 Leaf 车主都能够使用安装在家中的这一系统。如果考虑日本政府的补助，电动汽车电站估计价格为 33 万日元，含消费税和安装费在内（30 万日元不含税）。

该系统有助于平衡电力供应系统并可降低消费者的电费。“Leaf 到家”系统有助于鼓励日产 Leaf 车主利用夜间低谷电或太阳能电池板里的电来为他们的车充电。在白天电力需求最高的时候，可以通过向电网供电来平衡电力需求。它也可以在电力中断和 / 或电力短缺时作为备用能源。

锂电池最多可以储存 24 千瓦时的电，这足够供应普通日本家庭两天的用电。该系统强调电动汽车的额外属性：无论运动还是静止，它们都可以用作蓄电池。

日产和 Nichicon 将会继续协作为创造电动汽车的新价值和实现零排放社会而努力。

➤ 电动汽车电站（EV Power Station）：技术参数

为日产 Leaf 充电时	
输入电压	单相交流电，200 伏（ $\pm 15\%$ ），50 ~ 60 赫兹（ $\pm 15\%$ ）
输入电流范围	交流 0 ~ 36 安
输出电压范围	直流 50 ~ 500 伏（CHAdeMO 协议）
峰值输出功率	6 千瓦
转换效率	90% 及以上（额定输出）
功率因数	99% 及以上（额定输出）
为家庭供电时	
输入电压范围	直流 150 ~ 450 伏
输入电流范围	直流 0 ~ 30 安（由线缆规格限制）

(续)

为家庭供电时	
输出电压	单相三线系统 (交流 100 伏 × 2 相) 交流 100 伏 (±6%), 50 ~ 60 赫兹 交流 200 伏 (±6%), 50 ~ 60 赫兹 (最大 ±2%)
输出电流范围	交流 0 ~ 30 安
峰值输出功率	6 千瓦 (单相交流, 100 伏, 3 千瓦 × 2 相)
转换效率	90% 及以上 (额定输出)
外部尺寸	650 毫米 (宽) × 350 毫米 (深) × 781 毫米 (高) (突出部分除外)
质量	大约 60 千克

9.8 电池组更换

在充电领域还有许多有吸引力的备选方案，目前最受欢迎的公司 Project Better Place 在美国的城市和乡镇开始建设电池更换站。Bob Brant 记得在 Phoenix Solar & Electric 500 的电动汽车选手已使用了很多年。“当他们把车开进维修区的时候，电池组就会被从安装的位置上卸下来，于是新的电池组又重新安装到原来的位置。同理，以彼此邻近的换电站来替代加油站，在将来也一定会大有用武之地。未来电动汽车设计将会把电池组安装在电动汽车车身底部作为标准形式。”

Bob 在本书的第一版和第二版中都提到电池是如何更换的，都是基于 Better Place 公司的 Shai Agassi 所用的相同原理进行的：“你把车开进更换站，卸下旧电池，安上新电池并锁住，用信用卡付款（可能是电池组押金加上电费），然后你在几分钟之内就可以上路了。”

Better Place 创造了 100 万千米的记录

——继续在以色列投资这种网络，五月份平均每天可向以色列交付 5 辆车

自从电动汽车充电设施开始在以色列和丹麦运营以来，Better Place 已经创造了 100 多万千米的行驶记录，如图 9-12 所示。该公司报告说本季度它额外投资 9600 万美元，其中大部分都被用于发展和建设在以色列和丹麦的电池更换网络。Better Place 公司还宣布在五月份将为以色列交付 110 辆，5 辆车。

在这两个国家的最后试验核准阶段总共建起了 55 个电池更换站，在这些电池更换站中共有 15 000 块更换电池，该公司扩大了首批雷诺 Fluence ZE 电动汽车更换电池的交货量，成功地完成了长达 4 个月的对员工、朋友和家庭的网络测试之后，也扩大了

对客户的流动性服务。



图 9-12 Better Place 公司的充电站

已经完成测试的电池更换站即将开始对以色列的首批客户开放，使得以色列成为世界上第一个纯电动汽车不受电池容量限制的国家。在未来的几周内，随着测试的完成，公司希望看见额外的电池更换站网络。两个市场的全国性覆盖有望在第三季末之前度完成。

“我们很高兴地将我们的服务交付给我们的第一组客户，” Better Place 公司的创立人和首席执行官 Shai Agassi 说道，“逐步推进，我们就能完成对我们系统的最终测试，扩大网络和车辆的交付数以及行驶里程数。我很高兴看到这些车辆成为我们的会员，并正帮助我们改变世界。改变需要时间，我非常感谢大家对 Better Place 的鼎力支持，这种支持激励着我们一路前进。”

“我们董事会认为，Better Place 公司一定能够以支付得起的电动驾驶来发掘大众市场的潜力。” Better Place 董事会主席 Idan Ofer 说，“随着网络的就位，Better Place 公司的团队将按承诺提供无与伦比的电动驾驶体验。作为公司董事长和自豪的 Better Place 成员，我亲眼看见公司正在交付它的承诺。董事会继续热心地支持 Better Place 走向市场。”

Better Place 依靠世界级的投资人集团，包括以其创始人命名的汇丰银行、香港上海汇丰银行有限公司和以色列集团，它们都致力于公司的长期繁荣并将公司看作它们投

资组合的长期的可转换的投资。目前，该公司已经筹集了 7.5 亿多美元的股权融资。

9.9 超越明天

如今，谁也阻挡不了你去使用快速充电、感应充电和 / 或电池组更换技术。德尔福汽车正在提供无线充电选择，如图 9-13 所示。其他两项可以由个人来做，但是很显然要求基础设施的广泛发展。文章写到了如今你如何使用太阳能电源为你的电动汽车充电。

中国南方电网和 Better Place 在广州开放可更换电动汽车体验中心

中国南方电网（CSG）和 Better Place 宣布在广州的珠江新城开放它们的可更换电动汽车体验中心。随着可更换电池的电动汽车开出体验中心，广州成为由南方电网供电的南方五省中电动汽车充电网络建设的起点。

作为央企电动汽车产业联盟的一名会员，中国南方电网一直致力于实施中国的国家节能减排战略，也根据地方需求进行电动汽车基础设施建设。和以汽油为动力的汽车所用的加油站并无不同之处，电动汽车的广泛普及必然要求一个广泛的基础设施网络。

南方电网和 Better Place 曾在广州签署了一份关于在中国发展电动汽车基础设施建设的战略合作框架协议。作为一家全球性的电动汽车充电网络提供商，Better Place 有着为规模化商业运营提供电动汽车解决方案的丰富经验。

经过深入研发和规划之后，南方电网宣布在为电动汽车提供能源方面遵循集中、开放、政府主导但企业引导的方法。公司的战略目标是以电池更换和电动汽车集中充电为核心。南方电网将推动国家技术标准的发展并建造一个智能电动汽车网络。

南方电网已经和广东、广西、贵州等省份签订了电动汽车基础设施建设协议，公司也和广州、深圳、南宁、海口以及其他城市签订了类似的合作协议。从 2011 年 1 月到 11 月，南方电网的充电网络拥有 14 个电动汽车充电站，有 2901 根充电桩在运转，用电量为 206 000 千瓦时，进行了 12 145 000 个充电循环。

“十二五”期间，在政府的领导下，南方电网致力于智能电动汽车网络基础设施在中国市场的本地化，并满足南方五省的需求以支持电动汽车产业的发展。

广州市的可更换电池电动汽车体验中心是中国南方五省中第一个全自动电池更换设施。可更换电池电动汽车体验中心占地 1 900 平方米，也是广州市努力发展新能源汽车的一个重要组成部分。

这一座半透明浅绿色的建筑坐落在广州汽车城（中国南方最大的汽车城）附近，包括 Better Place 的电池更换展示、电动汽车、会堂和接待中心。在广州汽车城旁边，游客就可以看见更换过程并体验电动汽车。在这一设施外面，有 Better Place 的三个充电点，展示电动汽车的充电性能。通过客服中心预约，知识渊博的导游将会陪伴游客游遍全场，并讲解更多关于电动汽车的知识。

整个更换过程只用了不到 5 分钟的时间。这一过程是完全自动化的，它安全高效地取下用过的电池并装上充满电的电池。

可更换电池电动汽车体验中心不仅进一步丰富了这一行业，也促进了电动汽车应用的普及，提高了公众对电动汽车的意识和认可度。这是在中国南方五省推进新能源车顺利发展的重要一步。

德尔福正在开发一种能自动把能量传入车辆的无线充电系统，这是一种便捷的无线能量转换系统。这一系统是与 WiTricity 公司（一家无线能量转换技术的提供者）合作开发的。它可以使电动汽车电池在无须电线和连接的情况下实现充电。这种充电技术是基于高磁耦合共振技术研发的，可以在短距离内不经物理连接而实现电能的传递，为用户和商用电动汽车提供一种更安全、更便捷的充电选择。

这种高效无线能量转换技术无须插头或电线，而是把地面上的源谐波磁场与车子下部的谐波接收器进行了对准。

基于以下原则，德尔福享有麻省理工学院开发并拥有专利的无线能量转换技术的权利：两台设计合理共振频率密切匹配的设备能够强烈的耦合到单一连续磁场内。

无线充电机由以下部件组成：

- 车载谐波接收器和接口电子设备——安装于车的底部
- 车辆能量和信号分配系统
- 固定式源谐波器垫——安装于地面
- 固定式充电控制器

与感应系统相比，高磁共振技术将会更高效地、更远距离地转换电能，并能容许车辆停靠时的错位。该系统能够以与大多数家用的插入式充电机相同的速度为一辆电动汽车充满电，最快只需 4 个小时。



德尔福无线充电系统，无须充电线缆。驾驶人可以把他们的电动汽车停在位于车库地板上面或嵌在停车场地面内的无线电源上方



德尔福无线充电系统提供比传统感应系统更实用、更灵活的安装方式，因为它采用了高度的磁场耦合共振技术，一种能够更远距离安全高效地转换电能并能容许更大停车错位的技术

图 9-13 德尔福汽车无线充电系统技术说明

9.10 混合动力和纯电动汽车产品

各种充电基础设施技术中道路充电无疑是最为耀眼的。许多论文和专著都论述到

了它，皆因其令人眼羡的优势。一辆简单的铅酸电池电动汽车有着足够的能量把你带到最近的州际高速公路上去。上了高速，你只要一点控制面板上的按钮，你车上的感应接收器就通过你车内的“计量柜”（据此电力公司就知道谁在充电，充了多少电）开始从道路吸取能量，并且在到达目的地之前的一路上，你都可以像这样在完全无污染、噪声、烟尘和气味的环境中充电。

如果道路充电系统和你的电动汽车都是“智能”设计的话，你甚至还可以获取旅游信息（如天气，位置等。）。当道路引导你的车辆进入无人驾驶模式时，你还可以读读晨报，或浏览一下晚间电视新闻。

日产和住友公司合作将在美国从事直流快速充电机的销售

最新开发的充电装置造价更低尺寸更小

日产和住友公司（东京，日本）同意合作在美国市场从事直流快速充电机的销售和市场活动。这两家公司已经同意为加快实现零排放社会而合作。

新开发的直流快速充电装置（图 9-14）依然保持着日产公司制造的当前快速充电机的良好性能，但是外形尺寸仅有原来的一半。因为新充电机装置尺寸更小，它占用的空间也更小且更容易安装。并且，等到上市销售时，这种新装置的价格有望比现有款型便宜许多。



图 9-14 日产和住友的新型快速充电机（标准规格）

日产携 Leaf 进入英国市场

从 2011 年 3 月开始，日产公司开始向英国的客户交付日产 Leaf 电动汽车。位于

达拉谟市的清洁空气方案公司的销售经理 Tony Whittaker, 这天接到了首批 5 辆日产 Leaf 电动汽车, 这是该公司从泰恩河畔的纽卡斯尔市波特兰路上的 Benfield 汽车集团的经销商那里买来的。这一突破性的时刻代表着日产将可持续交通工具带到了英国这一广大的市场。

Whittaker 说, “我们对日产 Leaf 的到来感到非常兴奋。我们现有的汽车队伍都是改装的石油液化汽车以及一些混合动力车, 因此转而发展纯电动汽车是一项明确的选择。Leaf 的储电量、性能和日常运行费用都是我们所期待的理想新型车。”

日产桑德兰工厂的生产副总裁 Kevin Fitzpatrick 即将见证东北地区的首批日产 Leaf 的交付。他评述说, “日产 Leaf 正在英国掀起一场电动汽车革命。因为我们在 2009 年首次推出电动汽车, 经过 18 个月的努力, 我们已经创造了这样一个伟大的历史时刻。今天的交货标志着 Leaf 产品介绍给英国全国客户的开端, 作为我们的电动汽车经销网络, 本周晚些时候我们将向首批客户交货。”

Benfield 汽车集团的总经理 Nigel Mc Minn 说, “作为以东北为基地的家族式企业, 我们很荣幸地步入了电动汽车革命的前沿, 步入了这一伟大的历史时期。Leaf 的需求量很高, 毫无疑问, 此车将在英国汽车业掀起革命。Benfield 对成为日产首批经销商之一倍感高兴。”

在赫特福德郡的沃尔瑟姆修道院也发生了同样的事情, DJ Mark Goodier 电台的 Smooth FM 和电子工程师 Richard Todd 在格林霍普金日产公司接受了他们的日产 Leaf 汽车的交货。

一个综合性的充电网络目前正在英国建造, 日产的电动汽车经销网络——目前全国 26 个站点——将配备快速充电机, 可以在不到 30 分钟的时间内从 0 充到 80%。

Crackel Barrel 建造电动汽车充电站 未来将发展快速充电站

当我在电话中听到这个消息时, 我说不出话来了——目瞪口呆啊! Crackel Barrel 即将进入电动汽车行业并从事充电站的建造。他们的试点是田纳西州, 标志性连锁餐馆的所在地, 也是对电动汽车有额外补贴的地方。我在《绿化生活网》的文章中写道:

Crackel Barrel 将安装 ECOtality 公司制造的 Blink 快速充电机, 在田纳西州选出的餐馆位置将会进行该项目的一期工程。公司将在“田纳西三角”开始施工, 这里有连接纳什维尔、诺克斯维尔和查塔努加的长达 680 千米的州际公路。24 个 Crackel Barrel 的所在地将会安装充电机, 这意味着电动汽车车主可以在 Crackel Barrel 的所有连锁地区驾驶, 一路上所有的 Crackel Barrel 餐馆均可充电。

据报道,2011年春季开始破土动工,几个月内即可完工。前12个区域中的半数为480伏的快速充电机(下称“3级”充电机),而其余的则采用240伏“2级”充电机。只要系统能够承受,3级充电机可以在20分钟内充满电动汽车电池,许多早期的款型做不到这一点。所有情况中,都不是免费的,客户会被要求刷卡。该项目由被称作电动汽车项目(www.thevproject.com)的公司投资。

“我们的目标是在人们需要的方便的区域建起完备实用的Blink公共充电站点,”ECOtality公司的首席执行官Jonathan Read在一次声明中说。“Crackel Barrel是人们喜欢去的地方,其地理位置独特,为公众提供了大量的服务和便利。Crackel Barrel和ECOtality公司的合作将使我们创建密切联系的电动汽车基础设施网络的目标更进一步,”他补充说道。

有多少? 位置在哪?

合作伙伴计划安装24个充电站点,尽管它们的起始阶段的一期工程只有12个,如图9-15所示。以下是田纳西州的首批12个站点:



图 9-15 日产 Leaf 很快将可在你附近的 Cracker Barrel 充电了

- 阿森斯
- 克利夫兰
- 库克维
- 克罗斯维尔

- 东岭
- 法拉格特
- 哈里曼
- 金博尔
- 黎巴嫩
- 曼彻斯特
- 墨夫里斯伯勒
- 纳什维尔——斯图亚特渡口收费站

其余 12 个站点将设在纳什维尔、诺克斯维尔和查塔努加市内或周边地区以方便更多的当地用户。具体位置将随电动汽车项目的进展而宣布。

“本着为旅客考虑的目的，Cracker Barrel 沿州际公路而建，它总是考虑我们的客户停车进入店里时想要什么，需要什么，为他们提供优质乡村饮食，让他们体验地道的南方好客之情。” Cracker Barrel 的董事长兼首席执行官 Michael A. Woodhouse 说。

“成为电动汽车项目的一名领导者，继续我们的传统，努力为客户着想和满足客户期待，同时使我们可以以一种有意义的方式加入国家能源独立的探索之中。”

Woodhouse 补充说，“尽管与传统车辆相比电动汽车的拥有率还很低，但人们对电动汽车的好奇心却很大，因此我们希望当我们的顾客走进餐馆和我们在一起时能够对他们看见的充电站感兴趣。我们认为当我们的顾客看到 Cracker Barrel 正在积极探索旨在保护环境和增强经济的能源替代项目时，他们将会感到很高兴。这是一个表明 Cracker Barrel 正在专注于未来的方式，甚至当我们为客人提供地道好客体验的时候也是如此。”

有意思的是，Cracker Barrel 各店面门前起先也有加油站，但是这些在 20 世纪 70 年代石油禁运期间被拆除了。

丰田 RAV4 电动汽车和特斯拉汽车驶入 Leviton

Leviton 开始筹建 2 级（240 伏 /40 安）的充电站。在美国设计、测试和组装的下一代 Leviton 充电站可以提供 9.6 千瓦的输出功率并可在大约 6 个小时内为丰田 RAV4 电动汽车完成充电。它也包括一条 7.62 米的充电线缆，可以在安装区域为客户提供机动使用。

防水、热塑的 NEMA4 型材料外壳使得这台设备在户内户外使用都很安全。该设备符合 Leviton “连线” 系统的专利授予标准，是室内使用的理想之选，它也有转换为

户外使用的硬线的功能。

“Leviton 已经设计出的下一代充电站，可以优惠价格为丰田消费者提供具备独特工效学和美学效果的服务，” Leviton 工商业务部副总董事长兼总经理 Michael Mattei 说。“通过我们和丰田的关系，客户了解到他们购买的产品是由两家安全、优质且高效的公司生产的。”

当由 Leviton 训练有素的拥有电动汽车供应设备资质的电器承包商安装时，40 安的充电站包括一份业内领先 10 年的限量产品保证书。作为对客户额外的安全保障，Leviton 充电站的设计是在监督人员、承包商和地面监测线路的监督下进行的，并且有内置交流系统以保证充电开始前能正确连接。该设备的“自动重启”功能可使充电在遇到微小错误时能够重新启动，这样就减少了陷入亚充电状态的机会。

“丰田公司有一个由来已久的承诺——为客户连接优质的产品和服务，例如 Leviton 所提供的，” 丰田公司汽车营销经理 Rick LoFaso 说。“新型的 40 安家用充电站是丰田与 Leviton 合作帮助我们的电动汽车客户实现最高效的充电的又一典范。”

Leviton 2 级 40A 充电站于 2011 年 5 月在洛杉矶举行的第 26 届世界电池、混合动力和燃料电池电动汽车研讨会（EVS26）上首次面世。通过 Leviton 的丰田车主客户网站，这种充电站将非常容易购得 (www.Leviton.com/Toyota)。

9.11 电动汽车电气系统

电动汽车的电气系统是它最重要的部件——这一想法是去掉尽可能多内燃机汽车仪表布线，在电动汽车改装或电动汽车制造时增加高压、大电流的布线。

在你的电动汽车改装或电动汽车制造时进行认真的高压、大电流布线将会为你提供多年的无忧服务。如果草率行事，则除了隆隆声或呼呼声之外（伴随弥漫的烟气），你还会发现你已经进入了一个奇怪的故障世界。

本节将涉及连接电动机、控制器、电池和充电机以及高压、大电流和低压、小电流的仪表配件的电气系统。图 9-16 向你展示了该系统的概况。我们将分别研究接入高、低电流的部件，然后讨论其整体布线情况。

► 高压、大电流动力系统

图 9-16 中粗线缆代表大电流连接。当你把电动机、控制器、电池和充电机都放到你的电动汽车上时，你需要接触器、断路器和熔断器来切换相应的大电流。我们来仔

细研究一下这些大电流部件吧。

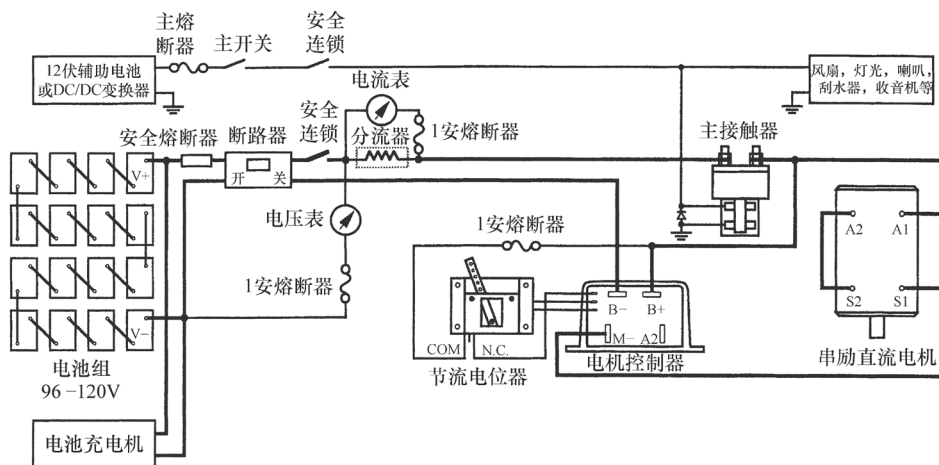


图 9-16 电动汽车基本布线图

主接触器

主接触器就像一个继电器。它的重负荷触头（一般额定在 150 ~ 250 安）可以让你以较低的电压来控制较大的电流。单触头，作为常开的主接触器位于电池、控制器和电动机之间的大电流线路上。当你给它通电时——通常就是打开点火开关——大电流将可以到达控制器和电动机。

换向接触器

这种接触器用于电控（不是机械式）传动控制以改变车辆前后行驶方向时。这种双触头的接触器用串励直流电动机的励磁绕组以改变电流方向。使用这种接触器时，需要在低压布线系统中点火开关之后加装前后档开关。

它可以实现正反或串并联转换以及串并联接触器控制。图 9-17 用来改变串励直流电动机的电流方向。使用这种接触器时，需要在低压布线系统中点火开关或按钮之后上加装前后档开关。

主断路器

断路器就像一个开关和重置式熔断器。这种重载断路器（一般额定电流 300 ~ 500 安）的目的是为了在驱动系统发生故障的情况下能够瞬间切断主电池电源，以及维修或充电时例行切断电池电源。为了方便起见，这种断路器通常都是安装在电池组附近。开关板和安装部件都很有用——用大写的字提醒用户关于断路器的功能。

安全熔断器的目的是在电池组偶然出现短路的情况下能够切断电源。换句话说，在你焊接电池箱边框并毁坏掉电池组之前，你的熔断器就熔断了，如图 9-18 所示。



图 9-17 主接触器——单触头

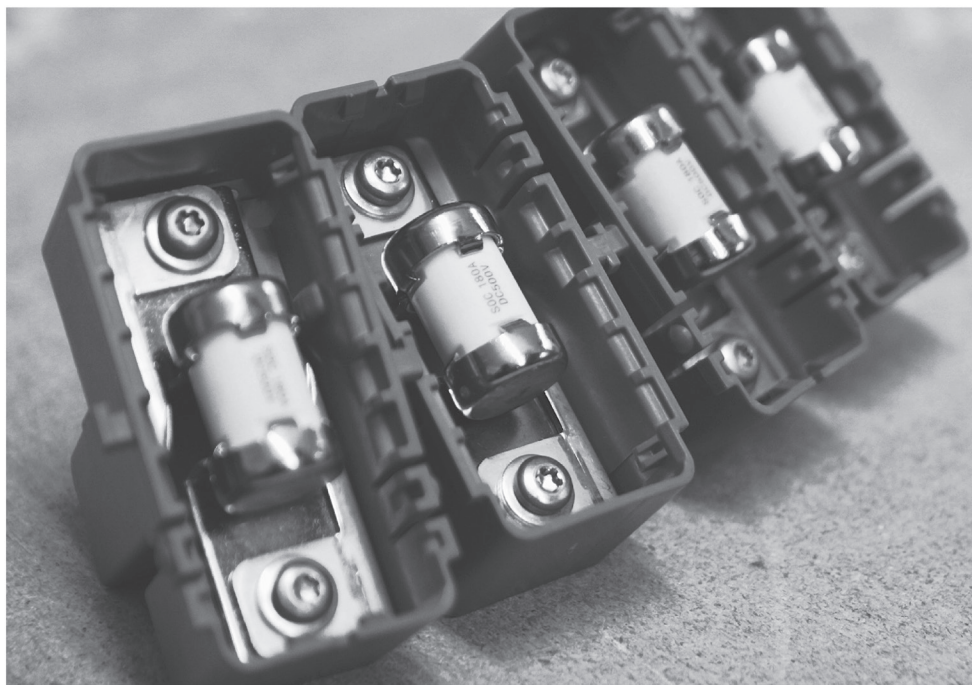


图 9-18 断路器

安全连锁

有些电动汽车的变流器在大电流系统中安装有一个额外的开关，通常是在控制面板上以红色的大旋钮或按钮的形式出现——紧急安全连锁或称“切断开关”。当有任何其他故障的时候，一按这个按钮就等于把插头从你的电池电源上拔出。

低电压、低电流的仪表系统

仪表系统包括主开关、踏板控制和监测布线。由点火钥匙控制的主开关布线从辅助电池或 DC/DC 变换器开始一直延伸到电动汽车运行时你所需要控制的任何一样东西：车灯、车内照明灯、喇叭、雨刮、风扇、收音机等。踏板控制布线包括与所有重要的节流电位器相连接的一切部件。监测布线涉及电流、电压、温度和消耗能量的远程感测，它与控制面板上安装的各种仪表相连。我们再更细致地看一看这些低压元器件吧。

节流电位器

通常是一个 5 千欧姆的电位器，但是它却有着特殊的用途和重要的安全作用。柯蒂斯的一款电位器主要设计是与其控制器配套并互补，并可使用与你电动汽车相连的现有的加速踏板。还有一款同样的产品用于替换使用，或为没有安装加速踏板的车辆使用。有了这两款中的任一个，当踩下踏板时，电位器将提供较高的踏板禁用选择来限制控制器的输出；也就是说，你不得用脚踩节流器的方式启动你的电动汽车——这是一个令人满意的安全特性。因为柯蒂斯控制器也包含有一个错误输入模式，在发现电位器开启输入的情况下（如断线的情况）可以关闭控制器——一种可能导致失控的条件——通过使用带有较高踏板禁用选项的柯蒂斯控制器和节流器，这两种情况你都可以避免。图 9-19 所示为节流电位器线束直接控制器输入相连，带有可互换的电位器引线 and 常闭触点。

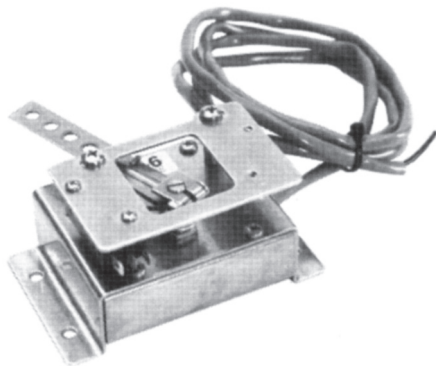


图 9-19 带有高踏板禁用开关的柯蒂斯节流电位器（注意左边三个开关触点）

据 Grassroots 电动汽车公司，它是市场上最好的节流器之一（我只是转述公司的说法而已，你也可以到别处去买）。价格大约为 180 美元，我想不会给你带来财务上的负担。

换向接触器如图 9-20 所示。

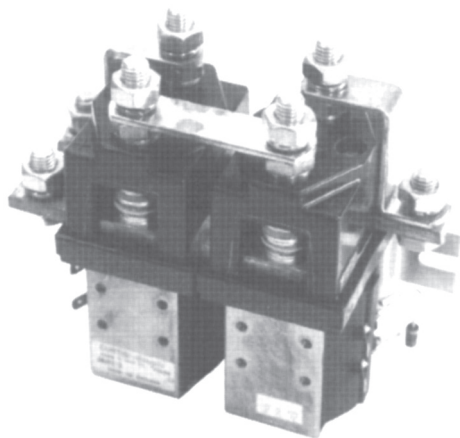


图 9-20 换向接触器——双触头，与 48-96 伏电池组交叉连接

踏板总成使用优质的原始设备制造商 (OEM) 提供的踏板位置传感器 (TPS)，标称有 1 百万次循环。TPS 及其电气连接件都是完全密封的。

辅助继电器

图 9-21 所示是一些非常有用的 20 安额定 /12 伏直流的双头继电器。这种交流线圈的经典用途就是当做充电机连锁装置。与车载充电机串联，如果在充电机输入接线柱上检测到交流电压就会通过断开辅助电池主开关的方式立即阻断电池组的电流输出，然后打开主接触器。直流线圈的使用仅受你的想象力的限制：额外的安全连锁，如图 9-22 所示；电压、电流或温度连锁；以及控制灯光，风扇和仪表。

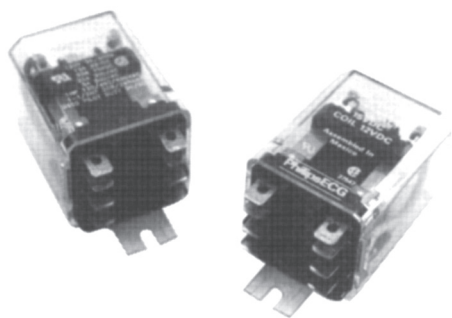


图 9-21 辅助继电器——20 安额定 /12 伏直流

接线板

无论你在电气部门做什么，图 9-23 所示的简单的接线板都会使你的布线更简单而又整齐。使用一个或多个这样的便捷打结触点不仅可以在首次改装布线时降低出错的

能性，也能在后来进行必要检查时使连接变得更简单。



图 9-22 准备安装的维修断开和安全连锁装置。注意这一部件——以德语和英语说明的

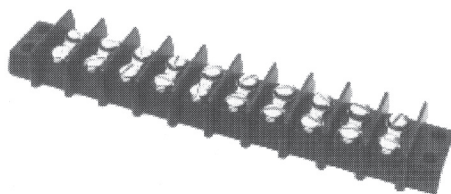


图 9-23 接线板

分流器

分流器是一种刻度精密的电阻器，有电流通过时通过测量压降来确定电流的大小。

图9-24所示为两种分流器：左侧可测量0～50安的电，右侧可测量0～500安的电。

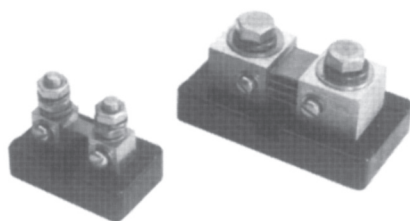


图 9-24 分流器——50 安（左）和 500 安（右）

安培表

你的电动汽车车载仪器中最有用的是你的安培表。量程较大的安培表可以用来确定你的电动机的瞬间最大电流；它的工作方式更像内燃机中的真空表——电流越小，量程越大，以此类推。量程较小的安培表的作用和你的内燃机汽车仪表板上的安培表一样——它会告诉你你的 12 伏的附件正在消耗的电流流量。

电压表

第二个最有用的车载仪表就是你的电压表。TurnE Conversions 的产品仅用作测量电压的目的，但是其他产品可以通过旋转开关提供 50 ~ 150 伏或 9 ~ 14 伏测量量程。较大的量程可以使你确定你的电池组瞬时的电压（他就像是你的内燃机汽车上的油量表——电压越低，剩余的行驶里程就越少）。较小量程的作用和你的内燃机汽车仪表板上的电压表一样——它会告诉你你的系统的状态。

电量指示器

用户要么非常喜欢电量指示器要么认为它（和电压表一起）是多余的，因此在你购买之前一定要了解清楚。图 9-25 中的柯蒂斯 900 型显示的是你上一次充满电后电池组的 SOC。电量指示器直接连接到电池上，就像是一个电压表。模块内部的专有线路



图 9-25 经典的 Curtis 电池测试器

将电压状态整合成剩余电量的读出值，显示在 LED 灯上。尽管对于车载充电来说这不是很有用，并且一点也不接近电池能量管理系统，但是对于那些仅在固定地点充电的客户来说还是有用的，它可以作为下一次充电的参考。

旋转开关

旋转开关，例如四极、双位开关，是你的仪表的理想伙伴，可用于量程、传感器和功能的切换。尽管在你已改装完成电动汽车上你可以只选择一种安培表和一种电压表，但是在测试阶段你还想检查各个位置的电压和电流。一些旋转开关可以帮你解决任一情况下的问题。

风扇

风扇属于强制性要求的范畴，用于防止发动机舱内部温度上升和充电时保持电池组内部通风。无论是主开关电路上的全时直流电，还是继电器控制的间歇直流电，或者是插座上的交流电，无火花、无刷型 12 伏直流电机风扇和 120 伏交流电机风扇都是你要选择的型号。如图 9-26 所示，几乎每一组电池都安装有风扇。

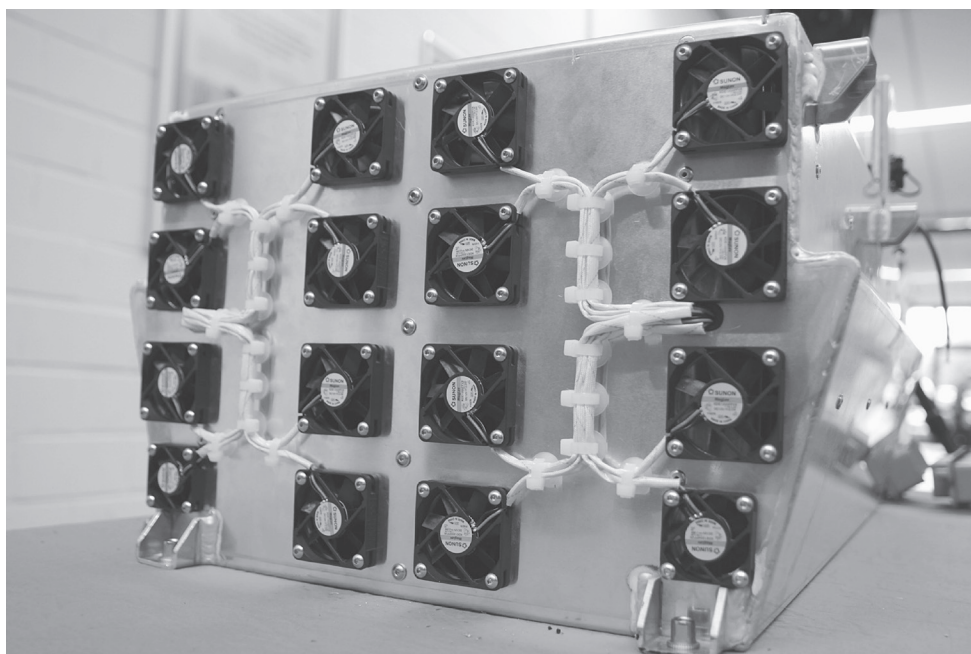


图 9-26 冷却这些电池

低压保护熔断器

所有的仪表和超低压部件都需要 1 安的熔断器（汽车级产品就可以）来保护，如图 9-27 所示。



图 9-27 仪表——电动版保时捷 Speedster

低压连锁

许多电动汽车改装者倾向于采用“切断开关”，参见本节早些时候关于低压的论述。这个通常比较简单，因为已经存在许多连锁装置——座椅、电池、碰撞等。此外，使用低压只需要一个简单的开关，可能是一个继电器和一些连接线——最多几盎司重，而大电流的方案要用好几磅的线材以及折弯和装配等。

➤ DC/DC 变换器

图 9-28 所示为新款的经典德尔福 2.2 千瓦 DC/DC 变换器，可以在混合动力和电动汽车中下生成直流电压用于驱动必需的附件和加热、通风和空调系统（HVAC）。液冷的 DC/DC 变换器适用于输入直流电压 216 ~ 422 伏，功率为 2.2 千瓦的场合。绝大多数的 DC/DC 变换器可以提供一个良好而稳定的 12 伏输出电压，尽管电池组电压会大范围的波动。至此，你也就明白了从任何低于电池组中电压的地方获取电力都是不可取的（或冒着减少电池寿命的风险等），因此相应地，你在选择 DC/DC 变换器时决不能使用 12 ~ 12 伏的产品型号。



图 9-28 Sevcon DC/DC 变换器——72/12 型（左）和 128/12 型（右）

9.12 连接到一起

五样东西非常重要——电线和接插件、连接、布线、接地和检查。下面将依次论述。

➤ 电线和插接器

这可能是最后考虑的事情之一，但这却绝不是无关紧要的。尽管在仪表方面，线径和插接器类型的选择并没有你使用它们要连接的部件那么重要，但所有这些从电力方面来说都是很重要的。

使用美国线规（AWG）的 2/0 电线不是我的最爱——认为它是一种自然的有氧运动——但是它的最小电阻可以保证你电动汽车的高效率，完全不像世界上最大的移动烤面包机。最小的电阻意味着接插件与电线终端如何连接决定了最终效果。使用合适的压线钳将接插件接到电线终端（请求你当地的供电所或电线提供商），或请个人帮你做。这种微小的三角形连接将会造成一个过热点，它迟早会被常规的 200 安的电动汽车电流给融化（或焊结）掉。同时，它的性能也是极差的。以精心的关注和精巧的工艺对待每一次接插件的连接，好像是在尘世的最后一次连接，当你的电动汽车超常发挥时，你将会有飘飘欲仙的感觉。

➤ 连接

在电力方面连接是很重要的。检查以确保安装前表面平坦、洁净、光滑。使用两个扳手以免将控制器和熔断器接线柱拧弯变形。所有的部件都需拧紧，但又不能过紧。检查所有部件，至少每个月把电池连接部分重新拧紧一次。

➤ 布线

在电力方面本着布线最短的目的。在安装和移动线路时要让电线稍稍松弛，为应

对热膨胀时要更松弛一些，然后求取两点之间的最短距离。在仪器仪表方面，整齐和可追溯性很重要；你需要整齐以便向朋友和邻居炫耀，你需要有序以便你（或其他人）能够弄懂你以前是如何连接的。

➤ 接地

电动汽车成功的秘诀就在于它各方面的接地工作做得好。在电气方面，良好的接地意味着三件事情：

- **驱动系统浮动接地**——驱动系统（电池、控制器等）的任何一部分都不得和车辆框架的任何一部分相连接。当你接触到电池接线柱和车身或车架时，这可以使电击的可能性最小化，如果线路的任何一部分磨损并触及车架或车身，可以消除短路发生的可能性。
- **12 伏附件系统接地至车架**——大多数改装电动汽车中的 12 伏附件系统都是通过接至车架而接地的，就像内燃机底盘的电气系统所采用的接地方式一样。车身和车架并不连接到驱动系统，但是车架可以也应该被用作 12 伏附件系统的接地点，就像车辆底盘制造商所做的那样。
- **充电时车架与交流零线相连**——当车载式或独立式交流充电机与车辆连接时，车身和车架应当连接到交流零线。这可以在电池充电时，防止遭到电击。为确保不受电击，无变压器式充电机必须要装有接地故障断路器，带变压器的充电机也应该是隔离式的。

➤ 检查

这不是关于银行业的章节，它是关于合作关系的。无论你决定使用哪一种系统——持续检查，口头交流，颜色编码，对匹配好的端子线对进行列表等——至少要有一个人来帮助你。这将会使改装更快，你发现一些你曾经忽视的东西的机会也会增加。说到机会，在你第一次把电池连接到线路上的时候，你一定要确保把你的电动汽车驱动轮支起一点，以防它不经意间“溜”出了你的车库门。

9.13 配件总结

下面一系列配件适合各种尺寸的轿车和载货车的改装。它们使用中等电压的电池组（72 ~ 342 伏）。依靠底盘和电池组的电压，你的电动汽车速度可以达到 100 ~ 160

千米/小时，甚至更快。你可以混装和选配下表所列配件，并可在任何组合上将控制器切换到 Solition 1 控制器。

1 号：在功率上和四缸发动机汽车类似

9 英寸脉冲电动机	\$1600.00 (潜在功率 80 马力)
KDH12401 安, PM 120 伏, 800 安控制器 (带再生制动)	\$1180.00
紧急断开器	\$115.00
主接触器	\$89.00
PC-6 加速踏板	\$85.00
DC/DC 变换器, 55 安	\$155.00
安全熔断器	\$40.60
SOC 指示仪	\$50.20
BG2000-360 伏直流充电机	\$670.00
合计	\$3984.80

2 号：在功率上和四缸发动机汽车类似

9 英寸 WarP 电动机	\$1770.00 (潜在功率 125 马力)
KDH14800D, 24 ~ 156 伏, 800 安控制器	\$11 990.00
紧急断开器	\$115.00
主接触器	\$156.00
PC-6 节流器	\$85.00
DC/DC 变换器, 55 安	\$155.00
安全熔断器	\$54.60
万用表	\$169.95
BG20 ~ 360 伏直流充电机	\$670.00
合计	\$4374.55

3 号：在功率上与 60 马力的发动机汽车相似的 96 伏交流系统

9 英寸 IOT 交流电动机	\$2000.00
Curtis 交流 650 安控制器 (带再生制动)	\$2100.00 (带线束)
Curtis 840 型控制器	\$295.20

紧急断开器	\$85.00
SL3559 接触器，24 伏	\$156.00
PC-6 加速踏板	\$85.00
DC/DC 变换器，55 安	\$155.00
安全熔断器	\$54.60
BG20 ~ 360 伏直流充电机	\$670.00
合计	\$5531.60

4 号：在功率上与四缸发动机汽车相似

9 英寸 WarP 电动机	\$1770.00（潜在功率 185 马力）
Soliton Jr. 控制器	\$1995.00
紧急断开器	\$115.00
EVnetics 节流器	\$156.00
DC/DC 变换器，55 安	\$155.00
安全熔断器	\$74.60
万用表	\$169.95
BG20 ~ 360 伏直流充电机	\$670.00
合计	\$5105.55

5 号：在功率上和小型八缸发动机汽车类似

9 英寸 WarP 电动机	\$1770.00（潜在功率 350 马力）
Soliton 1 直流电动机控制器	\$2995.00
紧急断开器	\$115.00
EVnetics 加速踏板	\$156.00
DC/DC 变换器，55 安	\$155.00
安全熔断器	\$90.80
万用表	\$169.95
Manzanita PCF-20 电池充电机	\$2,050.00
合计	\$7501.75

6号：在功率上和小型八缸汽油发动机汽车类似

11 英寸 WarP 电动机	\$2965.00 (潜在功率 350 马力)
Soliton 1 直流发动机控制器	\$2995.00
紧急断开器	\$115.00
EVnetics 加速踏板	\$156.00
DC/DC 变换器, 55 安	\$155.00
安全熔断器	\$209.15
万用表	\$169.95
Manzanita PCF-30 电池充电机	\$2900.00
合计	\$9664.75

7号：无变速器

11 英寸 Trans WarP 电动机	\$3500.00
Soliton 1 直流发动机控制器	\$2995.00
紧急断开器	\$115.00
EVnetics 加速踏板	INCLUDED
DC/DC 变换器, 55 安	\$489.95
安全熔断器	\$156.00
万用表	\$155.00
Manzanita PCF-30 电池充电机	\$2900.00
合计	\$10690.05

8号：轻量型汽车

Mars 0913 无刷直流电动机	\$899.00
KHB72701, 24 ~ 72 伏, 700 安控制器 (带再生制动)	\$999.00
接触器, 冷却风扇总成	\$259.00
加速踏板	\$79.00
DC/DC 变换器, 72/13.5 伏 (25 伏)	\$149.00
72 伏 /10 安充电机, 110 伏交流输入	\$199.00
合计	\$2584.00

到此为止，无论你是已经通读了本书，还是刚刚拿起它并翻到了本章，你都可以通过这一章去了解应该如何制造和改装一辆电动汽车。改装的过程就是如何把你的电动汽车组装起来并能使它跑起来。你已经学过，选择一个满足驾驶需求和目标的合适底盘是关键的第一步。你还学了电动机、控制器、电池、充电装置和系统布线规范。现在是时候把他们组装在一起了。一个精心策划并实施的改装方案可以在改装期间节省时间和金钱，并且制造出一辆高效率的电动汽车，拥有它并驾驶它将是一件非常令人愉快的事。

在一些改车专家的协助下，本章一步一步详细地讲述了改装过程。本章还推荐了供你选择的底盘类型——紧凑型皮卡。当你仔细阅读其改装过程之后，你会发现，努力没有白费，结果出人意料得好——你已经成为一名专家了。

10.1 改装概述

制造一件机械产品时，如果有一个新鲜的观点出现，你会怎么做？如果是一辆电动汽车呢？你可以向如 Steve Clunn 一样的人寻求意见，他来自于 Green Shed Conversions，在我写这本书的时候，他正在为了维修人们的电动汽车而游走全国各地。他拥有自己的汽车修理店，并且经营了至少 20 年，对于如何打造一辆电动汽车，他能够给出一个完全新颖的观点。

你如何开始你的第一步？当然你可能喜欢像来自于 Green Shed Conversions 的 Steve Clunn 一样，准备一辆最近几十年非常流行的运动型多功能车（SUV），但是如果你没有足够的钱来购买电池组，你最好准备一辆小一点的车。为什么我要说这个呢？

对于车，每个人都有他或者她自己的选择。我并不打算去选择一个中立的方案。

我只是想制造电动汽车。请认识到，尽管那些 SUV 和载货车在改装成电动汽车时有

非常好的表现，那是因为在这些车上实现电池与乘客之间的分离是非常容易的。对于那些本来就是设计成载货的车辆来说，那些附加电池的重量根本不值得一提，而在发动机舱方面，皮卡显得更加宽敞，而且皮卡货箱的空间可以让你在部件的设计与布置上更加自由。记住在这儿所提出的原则也同样适用于任何你制造的或者购买的改装电动汽车。美国电动汽车（EVA）和其他建议者提出，以福特 Ranger、雪佛兰 S-10 和道奇 Dakota 等平台具有很好的改装成电动汽车的条件。在德国，TurnE Conversions 正在认真地改装保时捷 Speedster 的电池组（图 10-1），这在第 8 章中提到过，如在本章中来自佛罗里达的 Paul Liddle 提供的图 10-1 与 10-2 所示还有一家名为 AMP 电动汽车的改装公司，它们基于道奇和雪佛兰平台来改装电动汽车。



图 10-1 TurnE 改装的电动保时捷 Speedster

Bob Brant 写下的一些关于第一辆电动汽车的伟大结果在本书的第 1 版中提到过——一辆 1987 款的福特 Ranger。然而，像 Green Shed Conversions 和电动汽车保时捷（EV Porche，并不是保时捷汽车公司）、美国电动汽车（EVA），TurnE Conversions、AMP 电动汽车、Electro Automotive 和其他不计其数的厂商都在创新伟大的改装。AMP 电动汽车宣称，“打造属于你自己的电动道奇 Ram”——而且雪佛兰汽车也一样可以！这看起来是一家令人敬畏的公司，他为你展示了如何从任意汽车品牌中打造出属于你自己的电动汽车。如图 10-3 所示为 Operation Z 的 Joe Porcelli 和 Dave Kimmins 改装的日产电动汽车。



图 10-2 Paul Liddle 的电动保时捷



图 10-3 Operation Z 的 Joe Porcelli 和 Dave Kimmins 改装的日产电动汽车

我们这里的目标是使你更有条理地投入将一辆发动机车辆的底盘改装为电动汽车所用的工作。对于那些喜欢从头开始打造电动汽车的人来说，有一些其他你们可以看的书，并且此处讨论的技术问题也适用。制造与改装你的电动汽车的实际过程如下：

- 制造与改装之前（计划）——谁、哪里、怎么做以及何时做？
- 制造与改装之时（行动）——底盘、机械、电气和电池
- 制造与改装之后（检查）——测试与完成

图 10-4 一目了然的向你展示了基于丰田汽车公司 RAV4 改装电动汽车的全过程。让我们开始吧！

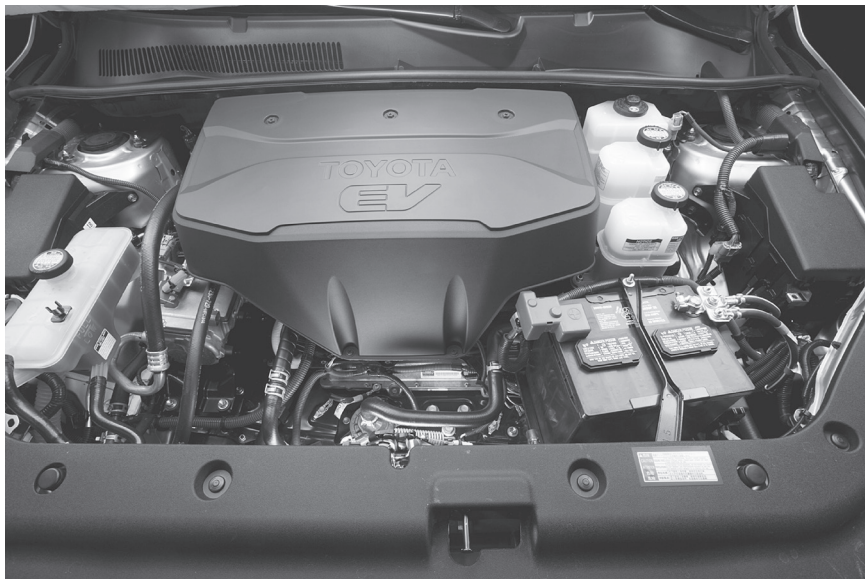


图 10-4 丰田 RAV4 电动汽车驱动系统。发动机舱盖下面是什么？

10.2 制造或者改装之前

在开始改装之前，如果你花了一点功夫在考虑“谁、哪里、怎么做以及何时做”的计划阶段上，你将得到巨大的回报，因为你已经事先想清楚什么是你需要的，这样在最后关头你也不用走弯路。让我们来看一下各个部分。

➤ 找好帮助你的人

这里讲的是“谁”这一部分。帮助来自两方面：内部帮助与外界帮助。

内部帮助

不管是取出发动机、布置大电流线路、安装电池，还是仅仅使装配时间减半以及在你工作的时候能有一个人陪你聊天，一个内部助手可以带来很大的成效。我在此强烈建议你为所有繁重的任务和任意或者所有其他的事都安排一个适合你的内部助手。

外界帮助

外界帮助包括将整个任务承包给那些更有能力且在自己专业领域工作效率非常高的专业人士。外界帮助的优秀人选应该具有将发动机拆卸并完成电动机安装的能力。

➤ 准备好地方

这里讲的是“哪里”这一部分。你的工作室可以是你自己的、租来的或者是借来的，

但无论如何它必须够大、够干净，能够加热或制冷到一定的温度，有良好的照明，并且能在你改装电动汽车期间提供电力服务。让我们来浏览那些你需要关注的事项清单。

自有或者租赁

你需要能够工作 80 ~ 100 小时的空间——一到三个月以上的日历时间。如果为了这项工程，你使用了个人的双车车库，而家庭关系的束缚令你不可以告诉妻子或者丈夫，“亲爱的，我需要用我们的车库一小会儿，你不会介意把你的保时捷停在马路边，对吧？”请事先做好准备，之后将至少花费两三个月。

一种解决方案是去租一间你所需要的工作间。这个工作间可以是很多地方，从邻居不用的车库到一个超大的公共储物仓库再到当地的空车库。有的时候，你的改装车看起来会像骨头散了一地的恐龙一样；有的时候，车会变得非常脏乱，沾满了油污；有的时候，你可能还会需要在顶梁上加一个绞车，它可以在你拆除发动机的时候支撑起发动机的重量；而在最多的时候，你会让那些价值超过几千美元的部件无处可用——考虑好所有需要的东西。

另一种解决方法是分两步来做。如果你的发动机已由专业人员拆下来，并已将底盘拖到工作室准备改装，则对巨大的工作间和沉重的屋顶支撑的需求将减小，而且它不会变得非常脏。

尺寸

事实上，一个单车车库或者储物仓库无法满足电动汽车改装需求。虽然在那些地方也可以改装汽车，但是你会受到束缚，这就是为什么开始的时候就要做好准备。除非你选择刚才提到的两步走的方案，不然你至少需要一个双车车库或一个差不多大小的空间。

加热、制冷、照明和电力

这些都是为了让你在工作室更加舒适。你将要在这个地方工作几个月，为什么不让自己在一个舒适而且方便的环境中完成它呢？

➤ 准备好工具

这里讲的是“怎么做”这一部分。哪些工具是你在干这项工作时所需要的？如果你不得不用你所不熟悉的工具，那么你最好还是将这些任务交给外界的专业人员来做。在这个领域内，事先考虑一点点就可以让你快速地分清楚哪些任务是你要交出去的，哪些任务是你要亲自完成的——这些仅仅只要通过使用工具标准就可以做到。

➤ 准备好购买和交付

这里讲的是“何时做”这一部分。在理想情况下，你做了一个恰到好处的安排——在你需要某个确切部件时，它会如魔法一般精确地出现。事实上你总会有不足之处，但它并不能阻止你提前去思考什么是你所需要的并且定下你自己的目标。

10.3 制造或者改装

改装计划可以给你带来巨大的回报。如图 10-5 所示，整个改装分为四部分，每一部分都还可以再细分：

- 底盘——购买，准备，拆除内燃机部件
- 机械——电动机支架制造，电动机与电池安装，以及其他机械部分的制造与安装
- 电气——大电流，低电压，以及充电系统部件与布线
- 电池——购买与安装电池

这个过程简单的来看是这样的：购买并清理底盘，拆除所有内燃机的部件，制造或者购买安装电动机与电池的零部件，安装与布置电气部件，然后购买与安装电池。让我们在 Ken Koch 大师的帮助下来看一下各个部分。另外，图 10-6 展示了一直用到现在都没变的 KTA 服务有限公司的典型的电动汽车改装工具，这家公司从本书的第 1 版开始就开始卖这些工具了。

当底盘和车身准备好之后，我认真地寻找一家可以把除了电气元件和电子设备外所有的东西组装起来的商店。即使有能制造电动汽车的人，但是没有这样一家商店也是没有任何意义的。所以我在半径 30 英里内寻找，并且发现了几位拥有用玻璃钢车身改装老式汽车经验的汽车改装者。他们中有些人非常的忙，所以没法花几个月的时间来参与我的这项工程。其他人要求我用自己的孩子作为首付定金。说来也巧，我在一周之内收到 3 个对同一个人的推荐。我从一家粉末涂料商店拿到了他的名片，从一个老式汽车展上拿到第二张，第三张是从我的一个邻居那儿得到的，他有一辆非常漂亮的福特敞篷跑车，是 34 年前由 Ultimate Customs 的 Brian Noppert 改装的。Brian 的店在加利福尼亚州 Ontario，离我住的房子仅仅 8 英里远。所有的这些巧合都有一定的意义，所以我给他打了个电话。“嗨，Brian，虽然我们之前从没见过面，但我感觉我仿

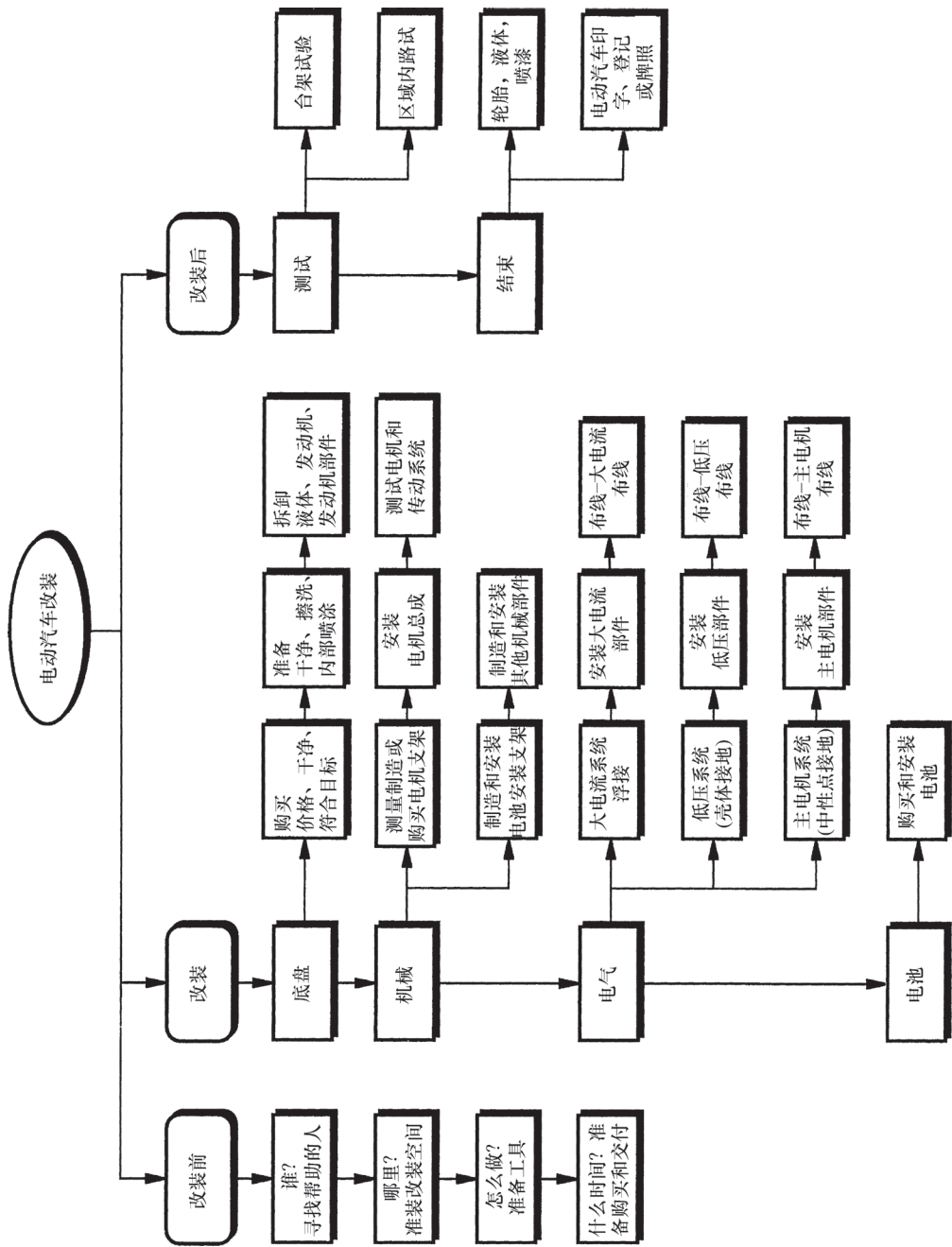


图 10-5 电动汽车改装过程简图



图 10-6 KTA 服务有限公司的典型的电动汽车改装工具（它们现在还在销售）

佛认识你。你的声望和你所做的工作我早有耳闻，而且我这儿有一项会让你觉得独特并感兴趣的工程。”之后我们的交谈十分顺利，最后我们达成了合作共识。Brian 是一个多才多艺的年轻人，他的定制车辆的作品与日俱增。他最近的一次汽车改装是一辆拥有增压式林肯 Navigator 发动机的 50 年代的福特车，该车还上了 Hot Rod Magazine 的 2007 年 9 月的特别报道。有了 Brian 的帮助，我对我的爱车计划充满了信心。

迄今为止，Ultimate Customs 大概已经完成了 85% 的工作量要求。该公司设计并安装了一个连接器和电动机支架，这可以使变速器和两台电动机安装在一起。两台电动机牢固地安装到支架上，并且通过中间的一个重载联轴器相连。电动机的安装是多么棒的工作啊！订购一个有 6 英寸防火墙敞篷跑车车身（用于一个大块头的发动机）是一个很不错的主意。你能想象在任何一辆汽车的发动机罩下面安装一个 39 英寸长的电动机吗？更不用说是这辆有 30 多年历史的福特了。还有一点很幸运，两台电动机、变速器和差速器已被实现了精确对齐。

所有的车身零件已经安装好了，与车架以及其他各个部分连接到了一起，然后调整到最佳位置并达到最佳外观的效果。这些部件包括了脚踏板、挡泥板、格栅、行李箱盖、仪表盘、顶棚和侧围板。还有在车身内有两个位置低而稳固的座椅、前风窗玻璃、车前灯、车尾灯、转向柱和转向盘、制动踏板、加速踏板、紧急制动器、遥控行李箱锁和传动轴。在格栅后面安装有一个特殊的防护罩。这个防护罩遮住了格栅内除

了两个风扇的位置，这两个风扇用来将空气压入电动机，经过变速器冷却器，冷却那两个 Zilla 控制器。另外，一块垂直的 3/16 英寸的平板被用来安装所有的功率电子器件。

Ultimate Customs 剩下的 15% 的工作是把电池箱牢固地安装到车架上，在行李箱与乘客箱之间设立一道隔板，最后设计并安装上一个六点翻车保护杆。

➤ 底盘

底盘这一部分包括了底盘的购买、准备和拆除阶段。换一句话说，你为了得到底盘而做的每一件必要的事，都是为了你将要进行的改装而做的准备。让我们更仔细地来看每一步是如何做的。

购买底盘

改装的第一步就是购买那辆你想要改装成电动汽车的车辆。作为额外的激励，让我们再回头看一看图 10-1 ~ 图 10-4，这些是已经改装完成的照片。注意，每一幅图中的汽车在外表上看起来是非常普通的（Green Shed Conversions，如 TurnE Conversions 的 Smart，Paul Liddle 的保时捷，或者日产的 Z）。这些公司合作生产了一辆与众不同的汽车。那些车都例证了打造你自己的电动汽车相关的事物！（Bob Brant 说印字是说明这辆车是电动车辆的方法，请在你汽车的后挡板上大大地写上“电动”这几个字。）

底盘购买的细节已经在本书的第 5 章讲过了，购买底盘的关键是以最小的代价换取最大的利益。你想要损坏的四缸发动机（某些年代和型号的车是六缸）、手动变速器吗？现实情况是，你并不需要它的发动机，所以你可以把它卖给商家或者当场卖掉。请确保所有其他东西尽可能地接近完美运行条件——这可以减少你未来的工作量。最重要的是，请确保底盘尽可能少或者没有生锈，清理一下也是不错的选择。机械零部件你可以更换，但是一个生锈的车身基本上是无法处理的，污物和杂质只会恶化条件，还可能隐藏着其他问题。

然而，对于特斯拉汽车公司，他们的加工过程从铝开始。他们把薄片放入液压机，冲压成三维的挡泥板、发动机盖板、车门和车顶。冲压的铝比钢铁要轻大约一半，而质量上的减少可以使制造者提高整车的效率。甚至在我确认工厂的位置之前，我已经弄到了那些机器和物品，我需要快速地让那些设备上线。我的液压机线具有较高质量，我预期它可以使用几十年。这条液压机线将要生产你能看到的车身外板和你不能看到

的结构件。剩余的车身冲压件、铸件和挤压件将由外部厂商生产并运到店里进行装配。

购买其他部件

一旦你选定了底盘，就可以基于对汽车整体性能目标来决定其他部件，这些目标包括：最大行驶里程，最大加速度或是用途（如普通通勤用）等。预期的行驶里程和加速度可以通过汽车的总质量、滚动阻力、空气动力学，以及从电动机和电池所能获得的能量和动力计算得出。

在你制造和改装的过程中，最简单快速的方法是从他人那儿订购一整套你所需要的部件，从美国电动汽车公司（EVA）、Green Shed Conversions、KTA 公司、Manzita Micro 或者 NetGain 处你都可以买到。他们的成套部件一般都包括了合适的部件，和几乎所有你在制造中所需要用到的东西。这些东西匹配起来一起发挥作用，而且你需要一些可以帮助你的人，以防万一你需要一些意料之外的协助。购买一个预先装备好的组件，可以在你决定需要什么工具、需要花多少时间东奔西跑地从各个供应商处获得你所需部件，并确定它们是否匹配等方面大大简化你的制造过程。Green Shed Conversions 提供组合的控制盒和电动机到变速器的连接器，这些都能节约你的时间并确保结果，他们还能为你提供可供选择的中档或者低档的皮卡改装所用的全套部件，这套部件包包括了重载螺旋弹簧、电池支架、线缆、安装零件等。

另一方面，如图 10-7 所示，特斯拉汽车公司制造了一款底盘或者说一个离开地面的底架。我曾参加过特斯拉汽车公司在 White Plains 的 Westchester 广场上的 Model S 底盘展览。

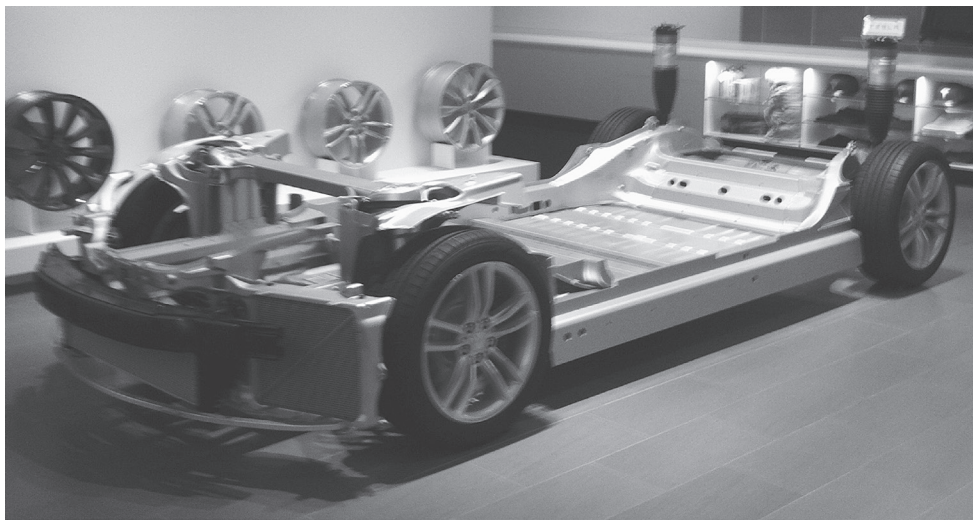


图 10-7 特斯拉汽车在纽约 White Plains 的 Westchester 广场上展示的 Model S 底盘

其他你想要在这段时间订购的项目包括详细的底盘维护和电气手册。在一些大城市里，这些东西也可能在图书馆里借到或者在技术书店买到。在改装之前请好好学习这些知识。

➤ 准备底盘

接下来的一步是清理底盘和进行测量。底盘清理的第一步是给发动机舱好好地做一次蒸气清洗。一个好用的底盘需要彻底的清洗来去除积累的污物和灰尘。这么做是有双重目的的：可以减少你在拆除零件时需处理的润滑油和黏性物质；你可以清楚地看到你想要观察和测量的地方。你甚至可能会想要给发动机舱重新喷漆。

测量步骤包括确定变速器—传动系统或者驱动桥在内燃机汽车中的位置，然后将这些位置尽可能相近地用在电动汽车上。内燃机汽车有三种发动机—传动系统布置方案：

- 前置发动机横置，变速器，驱动轴
- 前置发动机横置于驱动桥上
- 后置发动机 + 驱动桥（VW 型）

SUV 和载货车的底盘改装一般会选择前两种。有两处测量非常重要：变速器壳到地面的垂直距离（在水平面上测量）和变速器壳的参考点到车身或者车架的水平与垂直距离。

与地面之间的垂直间隙在任何改装中都十分重要，比如在安装电动机还有变速器的地方。你需要确定刚好使你的变速器不能上坡或者下坡时的离地距离。

防火墙或者车架的水平与垂直定位标记也非常重要。它有助于获得之后接合部件之间合适的机械定位。用锥子或者钉子划下精确的标记，然后用少量喷漆使其突显出来，这样之后你可以更容易地找到这些标记。

拆除底盘部件

下一个步骤是排干底盘的液体，拆除所有会妨碍发动机拆除工作的发动机舱部件，拆除发动机，然后拆除其他所有与发动机相关的部件。零部件拆除工作首先从排干液体开始：油、传动液、散热器冷却液和汽油。请记得用环保的方法来处理这些液体，或者回收利用它们。把汽油从油箱里倾倒出来是极其危险和棘手的。尽可能地把汽油都从油箱里倒出来后再移除油箱。如果你的改装车上有空调系统，最好把拆除工作交给专业人员。

接下来，断开电源，并且拆除所有与发动机相连的电线。仔细地断开油门，把它放到安全的地方，之后你还会用到它。然后拆除所有可能影响到发动机吊起工作的部件。最好从发动机罩开始拆除，接下来是散热器、风扇护罩、风扇、冷却剂和暖风软管以及所有燃油管路。断开进气歧管，拆除排气系统也是在这个时候。

如果你的工作间没有配备重型起重装置（最小的直列四缸发动机加上附件，总重可以达到 300 磅左右），你最好请一些专业人员来干这些重活。大型发动机检修站通常十分乐意干这种活，你可以和他们达成协议来帮你处理发动机和那些部件，在这件事上你不会有损失。除了这个，他们还能做其他方面的工作——排液、存储部件、不破坏电缆与电线——这些发动机拆除实际操作过程都不会伤害到你的底盘和发动机。打个比方，这就像你在家给自己的车换油，与在当地镇上服务站或者像纽约 Ossining 的 Mavis 轮胎店换油相比较一样。

这将不得不花费你几个小时，去解决你遇到的困难（你自身的和工作间的）。当地服务站，或者更好的 Mavis 轮胎店，那些依靠干这个生活的工人，他们只需要花 10 分钟就可以完成，而且不管是你还是他们都不会因此弄脏自己。

如果你自己做这个工作（在这一步为自己安排一个内部助手），为你的起重绞车安装一个坚固的支撑，或者是租用一台发动机起重推车。在吊起汽车的挡泥板和侧围板的时候，包裹上移动护垫来保护它们。用铁链或者缆绳在发动机的两个起重点上绑起来，卸掉发动机安装支架上的螺栓以及发动机和变速器之间的连接螺栓。断开下来的发动机直接从变速器脱离开来，然后升起，并从发动舱内移出（理论上是这样的）。实际上，由于你不得不同时放下绞车缆绳并拉起发动机，所以另外一组帮手起了很大的作用。整个拆卸过程的目标是拆除重达 300 磅的发动机，而不会损坏变速器内的零部件（传动花键轴等）或者发动机外部的附件（飞轮总成等）。

然后小心翼翼地把拆下来的发动机放到工作室安全的地方保护起来。最后，拆除所有与发动机相关联的东西：油箱、油管、消声器、排气管、点火装置、冷却和加热系统。

大多数电动汽车改装车都是手动变速器，因为手动变速器比自动变速器效率要高，变速范围更大，对电机转矩要求小，不需要变速器冷却结构，而且更容易改装。自动变速器有一个问题就是当它的转速达到 2000 转 / 分钟左右时，会自动换挡；而电动机一般都被设计成在转速为 4000 ~ 5000 转 / 分钟的时候工作效率最高。因此，自动变速器可供选择的减速范围非常小。如果你买的是带自动变速器的车，你需要用手动变速器来替换掉自动变速器。这部分额外的花销在 250 ~ 300 美元之间，主要由变速器

和二手汽车经销商来决定。你还可以考虑一下卖掉自动变速器。如前所述,使用低速档有助于提高电动机转速进而提高效率、转矩,并有助于电动机冷却。在高速行驶时,最好使用高速档来保证电动机的高速旋转。因此,如果你打算保留你的自动变速器,你就必须做一些改变。

➤ 机械部分

机械部分包含了所有安装电动机、电池组和其他所有机械部件的必要步骤。换句话说,你接下来所需要做的机械部分对于改装来说是非常必要的。你按照这些顺序来做,需要将所有钻孔、敲打、焊接所产生的金属碎屑或者碎块清理干净,防止它们在你安装更加精密的电气元件的时候碍事。让我们来更加仔细地了解一下这些步骤。

➤ 安装电动机

你此时的任务是把一个新的电动机安装在卸掉原来发动机后的传动系统上,或者全新改装时,你需要把电动机连接到一个新的驱动系统上。离合器和飞轮的接触面是接触点。图 10-8 所示为福特汽车公司利用装配生产线正准备给 Focus 安装电动机,该图大致地向你展示了你的任务。另外,图 10-9 所示为今年在长岛(Long Island)和我的朋友 Carl Vogel 一起参加的 Plug-In Day 展会,他出版的《Green Guru Guide》一书对我来说就类似于本书。



图 10-8 福特汽车公司正准备给一辆 Focus 安装电动机



图 10-9 长岛 National Plug-In Day 展会上展示的电动机安装

在你安装电动机的时候有四个要点：

- 飞轮到离合器接触面的临界距离
- 电动机的后部支撑
- 电动机与变速器连接盘的前部支撑
- 飞轮与电机轴之间的花键或联轴器连接

我会按顺序讲述这四点中每一点都包含了些什么。首先必须理解我们讨论的这些需要普遍化，因为对于给定的车辆有许许多多非常好的解决方法。因此，我们在这儿进行笼统的讨论。你必须要将这些转化成你自己独特的个例。如果你没有汽车金属零部件的精密加工技能，这里有一些可以获得专业服务的好地方，比如 KTA 服务公司，拥有很多如图 10-10 所示的连接盘的 Green Shed Conversions 公司，或者地方性机械维修店等。

请注意固定板上的螺栓孔形式。在拧紧螺栓时，内圈埋头安装孔可以使平头螺栓将安装板固连到电动机上，拧紧后可以使板的内部表面平齐。TurnE Conversions 使用外圈式可以用六角螺栓来将安装板牢牢地固定在变速器外壳上。电动机支架有助于将电动机固定在一个合适的位置，又能把它安全地连接到车上。适应性强的电动机安装

组件可用于各种连接盘，它的尺寸可以适应电动机周围的颈圈或联轴器的外径。不同案例都有很多不同之处。我们只要看看电机轴和花键轴长度控制的临界距离——根据需要进行调整。

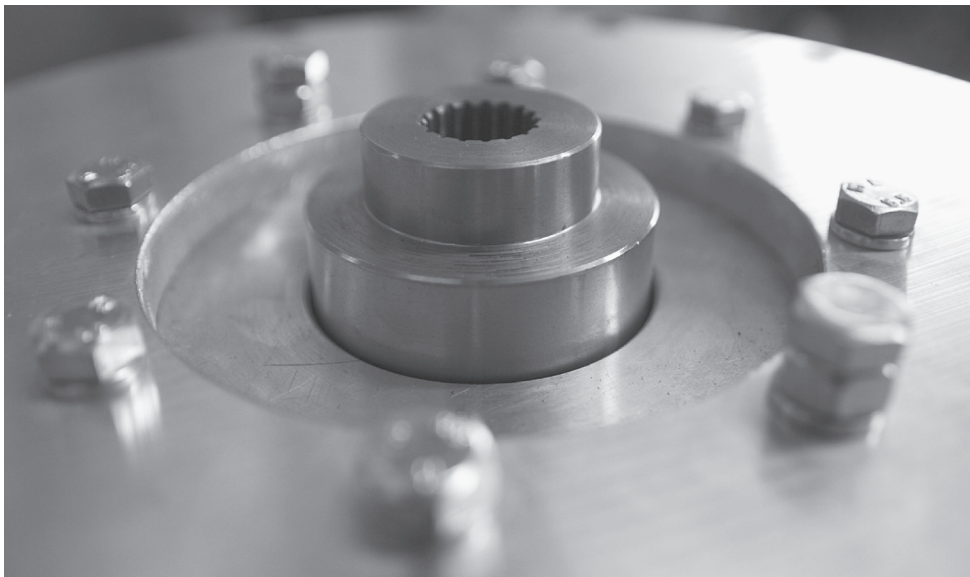


图 10-10 电动机安装到变速器上（TurnE 公司）

这里有一些有趣的地方。你可以从 Cool Green Sheds 得到两台电动机安装套件，在众多可能性中，图 10-11 所用的大型连接板是电机与变速器之间的连接板，其他部



图 10-11 时刻牢记优先测量变速器！

件都悬于其四周（符合你的审美学）。然后利用变速器主轴中心做参考，把电动机安装螺栓孔的样式做成模板。把这个完成的模板或样式带到机械加工厂，寻求机械工程师将他用金属制作出来。

如果你是现成派（let's-get-it-done mode），Steve Clunn 的公司有完整的电动机 - 变速器总成，包括有连接板、精密铸造的飞轮和花键 / 套管部件，完美地保证了福特 Ranger 改装项目的完成。

临界距离——飞轮到离合器接触面或者使用合适的前置电动机与变速器连接板

在你拆除发动机之后、拆除飞轮之前，仔细并精确地测量从发动机前端到飞轮表面（离合器接触部分）的距离。这是你想重新安装电动机的临界距离，并且对于不同的汽车都有所不同。你得把连接板安装在电动机上，把联轴器安装电动机轴上，把飞轮连接到该联轴器上。当你把这些都做完了，飞轮前端到电动机连接板前端的距离应该和临界距离完全一样。

关于合适的底盘和电动机底座的重要性的说明

图 10-12 所示为 Paul Liddle 创造的一个伟大的电动机舱，可以很好地把他的电动保时捷的电机、控制器、充电机安装在一起。

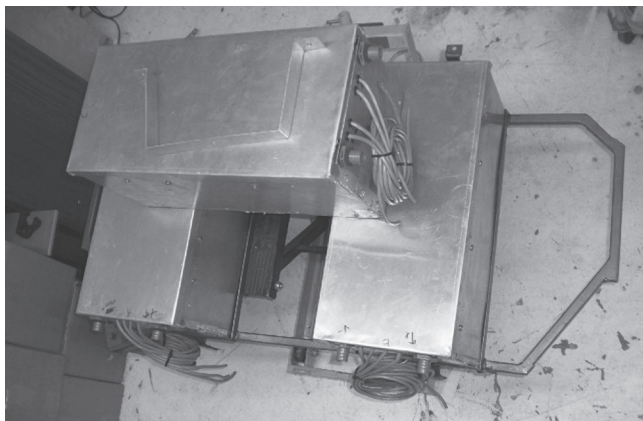


图 10-12 Paul Liddle 的电动机底座

图 10-13 所示为 TurnE Conversions 和 Christian von Hösslins 公司的一种电机的正确安装方式。这里，Ken Koch 的故事值得一听：

我在 Odyssey 汽车车身修理厂的第七个半月，当准备给车身的主要部分及其零件喷漆时，当看到自己参与制作完成的一些可行驶的底盘陆陆续续地传来进行装配时，是非常令人振奋的。如图所示的可行驶的底盘的照片对于杂志来说是真正的“金币镜头（money shot）”，它展示了所有的传动系统、悬架、转向以及制动是如何完美地组

装到一起的。后轴的四连杆和 Panhard 杆（构成的悬架系统）须很好地把汽车支撑起来。13 英寸的制动盘值得惊叹。两个电机、变速器及其支座看起来十分精致。甚至制动管路都经过打磨以防锈。所有这些背后的理念是汽车外观的一致性，以防万一一些汽车评论员会放一面镜子在下面进行观察。

图 10-13 所示的 TurnE Conversions 公司的一个安装好的直流串励电动机（DC）或交流电动机（AC）及其控制器通常与变速器（注意之前提及的电机和车架之间的转矩臂）相连，通过其 S1 电力线缆向上连接到控制器和电机，同时控制器电力线缆向下穿过底盘车架与后部电池箱连接。

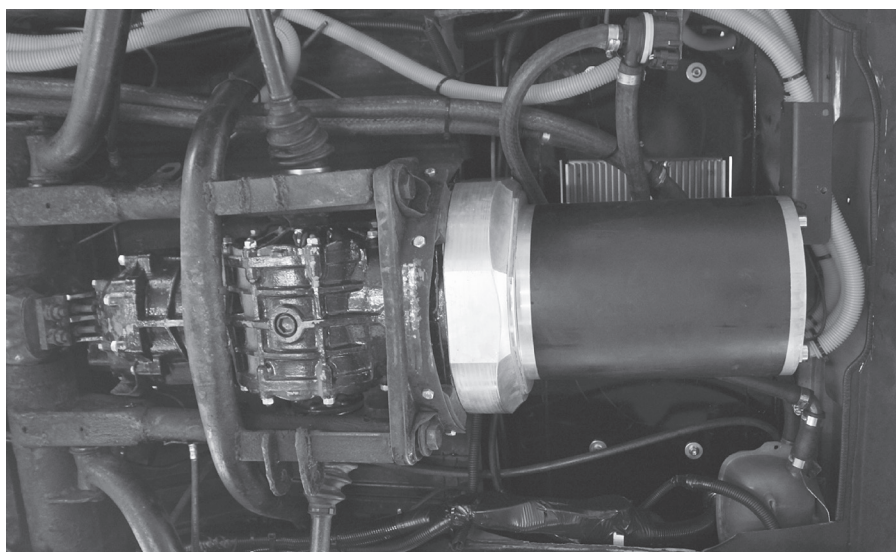


图 10-13 通过中间的连接板把电动机与变速器用螺栓连接到一起（从电动的 Smart 底部观察）

明确你的目标——临界距离——使达到这个目标更容易。无论你有一个前置发动机加变速器，还是前置或后置发动机加变速驱动桥，这一目标都是相同的，但具体情况会有所不同。

你原来的飞轮可能重达 24 磅，并有一个附加的齿圈（用于起动电机）。拆除安装于飞轮外缘的齿圈，通过去除外缘和背面（面向电机的部分）的金属，使飞轮重量降至 12 磅左右。请勿触摸飞轮表面（除非它有明显的烧伤或其他缺陷）。这些步骤并不会伤害到你的飞轮，甚至还减少了重量——这在你改装的电动汽车性能中是最重要的因素。

这也给了你一段很好的时间，可以彻底地检查一下离合器（包括离合器压盘 / 离合器 / 飞轮等内部各层）。如果离合器用久了（超过 3 万英里），或出现明显磨损，现

在是时候更换了。顺便也看一下变速器密封和支座，如果有过度磨损也需要更换它。请记住，你要在一种全新的方式下使用你的离合器，所以这个新的离合器应该能持续使用 20 万英里或者以上。

➤ 电动机后部支撑

这一部分相当简单。你基本上有两种可能性：在电动机中部进行支撑；支撑电动机与变速器或者变速驱动桥连接端的相反端。中部支撑型电动机支座可以从 Green Shed Conversions 获得，能够适应各种类型电动机直径，其他的改装商店或者一些电动机公司也提供一些类似的产品。

支座的底部有连接到电动机的螺栓孔，有两条半圆形钢表带围绕电动机使其紧紧固定住。这是安装电动机时优选的和最常用的方法，尤其是在安装较大尺寸的电动机时。端部支座与电动机连接板支座类似，它们通过安装孔与电机端面进行螺栓连接，然后通过重型橡胶（旧轮胎）减振垫与车架相连。这种安装方法在本书出版第 1 版的时候，很受早期大众汽车改装的欢迎。然而，如今它可以用于任何你想要的车型中。

➤ 飞轮与电动机轴连接

这是标准化程度最低的部分。联轴器是为了压入电动机轴，并进一步用固定螺栓对其紧固。图 10-10 所示为在电动机前面用六个螺栓对联轴器进行物理定位，可以给你一个很好的启发。

通常情况下，控制器和充电机置于电动机的两端。导向轴承嵌入套筒，并且和变速器导向轴紧密配合（变速驱动桥不需要导向轴承）。离合器与变速器花键轴、离合器压盘以及飞轮上的螺栓组成了一个“三明治”结构。

套筒（带或不带导向轴承等）根据不同的车辆、变速器和电动机类型在尺寸和形状上有很大的不同，但它们的功能都是一样的。你必须确定在你的改装车所需要的尺寸和形状。在你不明白的时候，去找 Steve Clunn 或 Bob Batson，或者找当地的机械工程师来帮助你。在这种时候你不能感到害羞。

➤ 安装和测试你的电动机

根据你积累的技巧和运气，电动机安装可能在第一次就顺利完成或者需要反复尝

试很多次。基本方法是将套筒安装在电动机上，连接电动机和它的连接板，将飞轮连接到套筒，测量临界距离以确保它与发动机的时候完全相同（如果需要的话增加一些垫片等），然后将该装置连接到变速器。取出内燃机时使用的绞车可以以最简单的方式将你的电动机安装到车辆上（一个装配好的 20 马力串励直流电动机总成重达 150 磅以上），但千斤顶（先用千斤顶将车辆前部顶起）或举升机也可以完成这项工作。安装步骤基本上与拆除工序反向：将总成固定在两个点上，然后缓慢举起电动机向移向变速器直至轴对齐。当一切都完全装配好后，拧紧变速器和电机支座的螺栓。

进行快速测试时，第一步是用千斤顶将车辆的前或后驱动车轮顶起离开地面。然后把一根 2/0 电线连接到电动机的 A2-S2 端口，将另外一根 2/0 电线从电池的负极连接到 S1——你可以借用你刚刚拆下来的 12 伏起动蓄电池——然后将另外一根 2/0 电线连接到电池的正极，但现在不要将其连接好，如图 10-14 所示。变速器处于第一档，将电池正极线缆与 A1 短暂相接，然后做以下两件事：

- 看一看后轮（或者前轮）是否在转。
- 听一听是否有任何奇怪或刺耳的噪声等。



图 10-14 Smart 电动汽车的绝缘线束

如果车轮在旋转，也没有奇怪的摩擦声，那么非常好，接下来你可以去到下一个步骤。如果你听到一些奇怪的声音或车轮不转动（在这种情况下，首先确认电池是已充电），你需要打开你的电动机和变速器总成，检查问题所在。

本章后面会展示 Ken Koch 公司的完整的电池箱。每个电池模块由 24 个 A123 公司的 26650 型磷酸锂电池组成，形式为 4 串 6 并。模块的额定电压为 13.2 伏，两个电池

箱各包含 54 个模块。每个电池箱中 27 个模块先串联（电压为 356.4 伏），然后再与另外 27 个模块并联。每个电池箱的最大电流约为 1400 安，两个电池箱并联后输出电流为 2800 安。最大理论功率为 917 马力。

图 10-15 所示为准备要安装的电动机和电力线缆。图 10-16 所示为德国 TurnE Conversions 的 Porsche 和 Smart 改装汽车，电池置于汽车的下方，且离电机控制器 / 变速器部件足够远。Christian von Hösslin 提供了一个针对 Smart 汽车配置好的电缆紧固箍的图片。每条绝缘线束的长度都比较适当且有标签以进行区分，如图 10-14 所示。

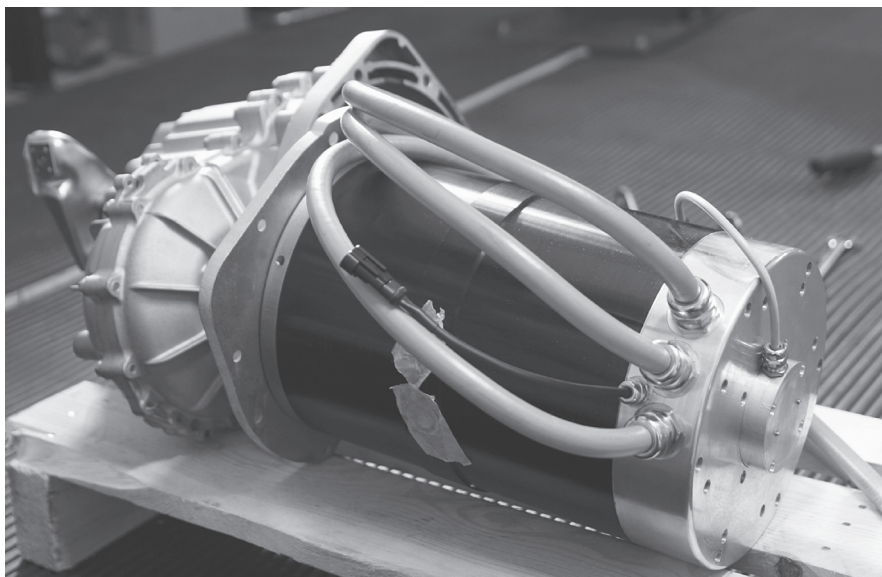


图 10-15 准备好要安装的电动机和电力线缆（有其他问题吗？）

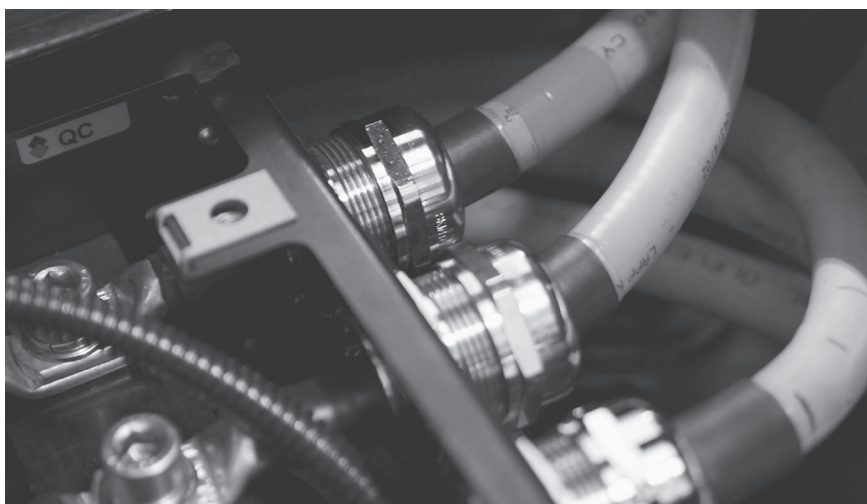


图 10-16 已接通电源的 ebox

➤ 制造电池底座

德国 TurnE Conversions 有一个非常有创意的电池组和底座系统。如图 10-17 所示，该公司的电池组安装得相当巧妙。该图片展示了 Paul Liddle 改装的电动保时捷的车架纵梁，而图 10-18 展示了它是如何安全地安装在车辆下部的。图 10-19 所示为一辆特斯拉 Model S 已完成清洗并准备进入下一个生产阶段。图 10-20 所示为 Paul Liddle 改装的电动保时捷的电动机底座，展现了一种如何在一个安全的地方实现电动机、控制器和电池组互相连接的伟大设计。

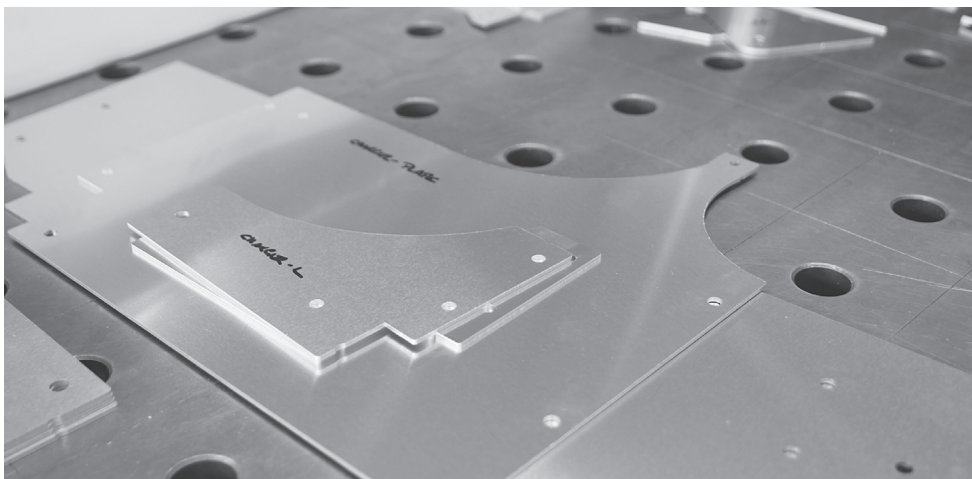


图 10-17 改装的电动汽车干净的电池舱

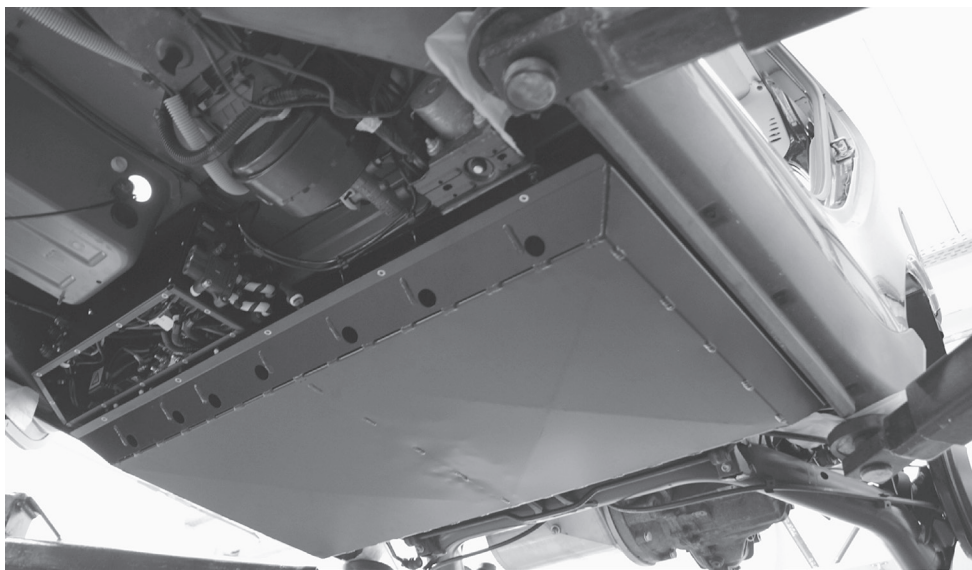


图 10-18 电池组被安全地安装在 Smart 电动改装版的下部

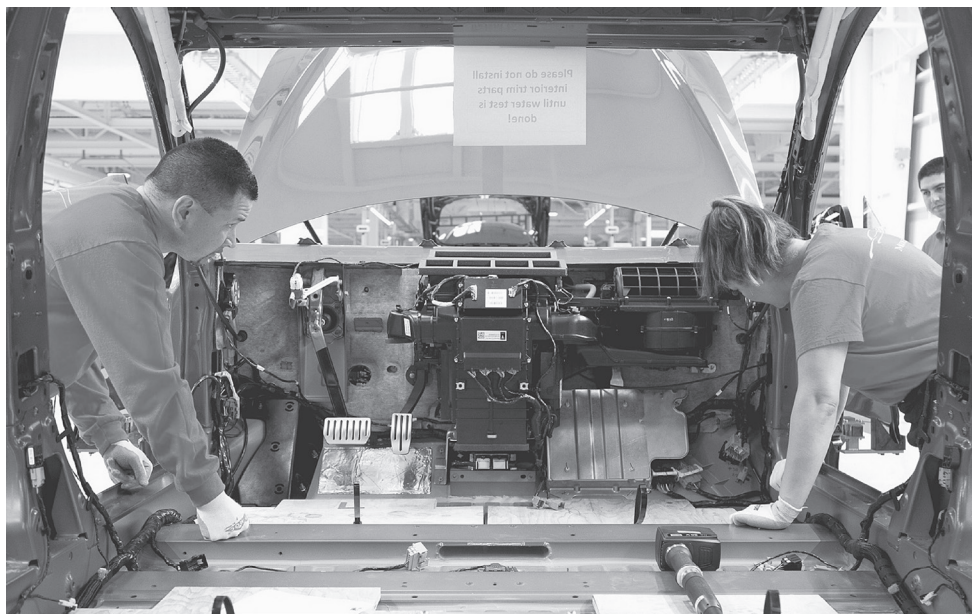


图 10-19 特斯拉 Roadster 已完成清洗并准备进入下一个生产阶段

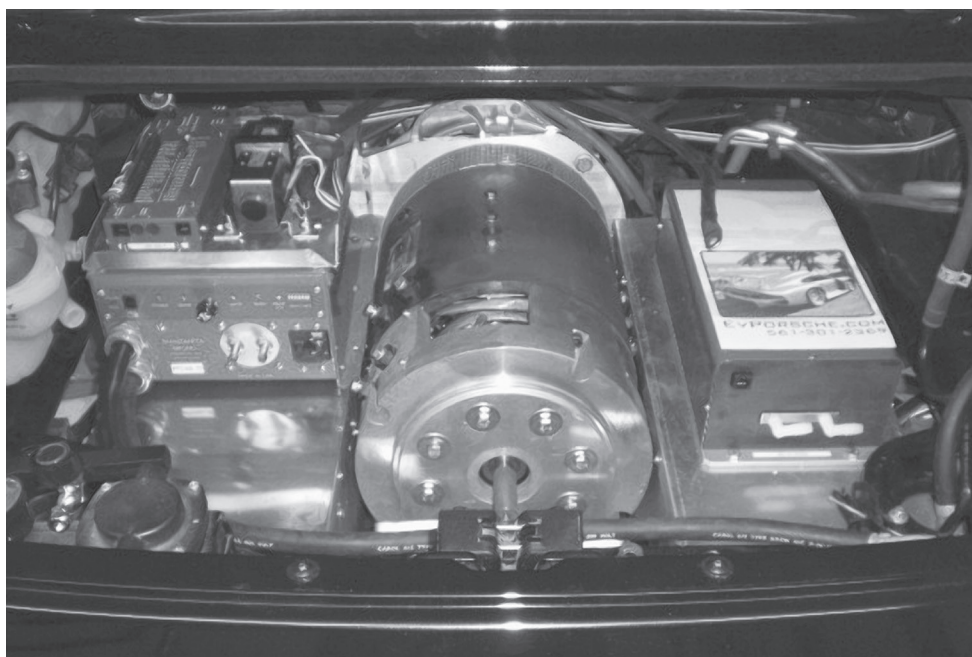


图 10-20 看 Paul Liddle 的改装车中电动机是如何安装到发动机舱中的

➤ 其他的机械零件

发动机舱内任何金属制造的部件（比如扰流板等）最好在此阶段安装完成，因为它们在电气部件和线束安装之前更容易一些。举个例子，汽车的减振器、螺旋弹簧和钢

板弹簧，以及车子的外部附件也最好在这个时候安装因为此时你还有重型工具可用（图 10-21）。

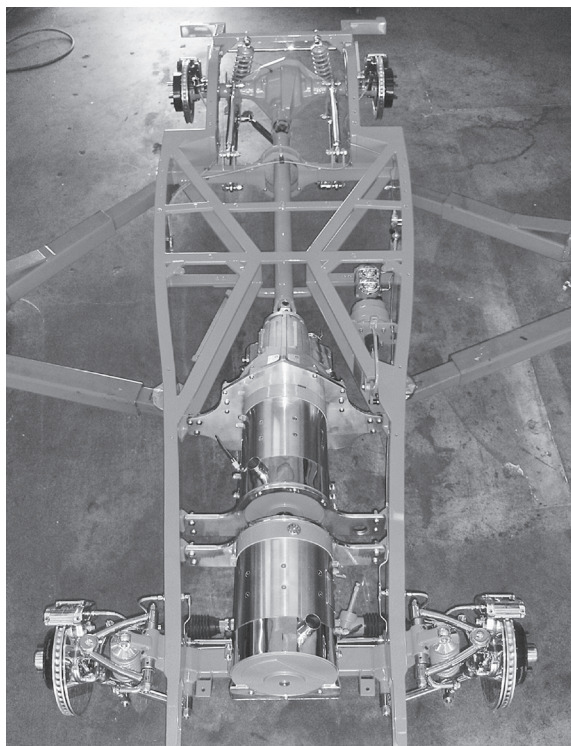


图 10-21 已完成的底盘总成

➤ 清理完成后从机械进入电气阶段

在你完成机械部分的改装后，使用空气软管清理你的改装车的发动机舱和行李箱是一个非常好的主意。这次清扫的目的是尽量去除金属条或金属屑花，防止它们在电气阶段进入电气部件或线束中。

10.4 电气部分

电气部分包括安装大电流、低电压、充电机等部件，并把这些部件通过电气线缆相互连接。电气布线需要电动车辆接地方面的信息：大电流系统悬浮，低电压系统与车架接地，充电系统使用时交流中性点与车架接地。做电气布线时还涉及电动车辆安全方面的信息。每个系统必须有适当的电气互锁，以确保在发生故障时系统会自动关机，防止意外故障情况发生。使用接线盒方法也大大方便了电气布线，因此如果布线整齐（发动机舱内没有电线杂乱布置），你以后可以跟踪你的线路，如图 10-22 和图

10-23 所示。让我们通过 TurnE Conversions 和 Christian von Hösslin 进一步了解这些步骤。



图 10-22 用于点火装置、制动灯（再生制动）和倒车灯的继电器

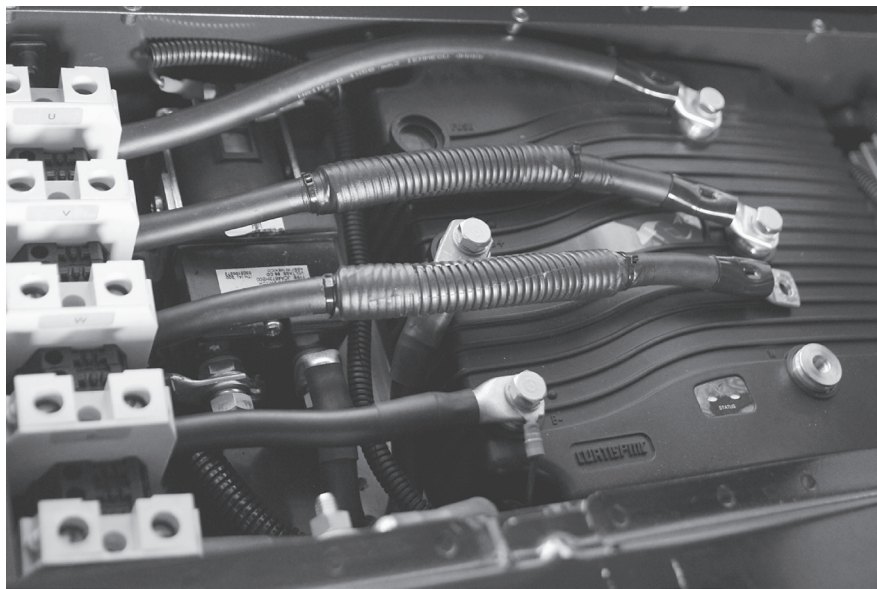


图 10-23 动力线进入电池箱中的小盒子，其中安装有熔断器、电池管理系统、模块和电流传感器。

➤ 大电流系统

首先，固定好大电流部件，然后用美国线规（AWG）2/0 的电线把它们连接起来。参考第 9 章，提醒自己大电流系统中有 7 个部件（除了电池和充电机之外——这些我

们将在稍后用到)：

- 电动机
- 电动机控制器
- 断路开关
- 主接触器
- 安全熔断器
- 电流表分流器
- 安全互锁装置

你已经安装好电动机。图 10-24 为 Operation Z 安装好的电池，图 10-25 为 Paul Liddle 改装车的电动机布置。

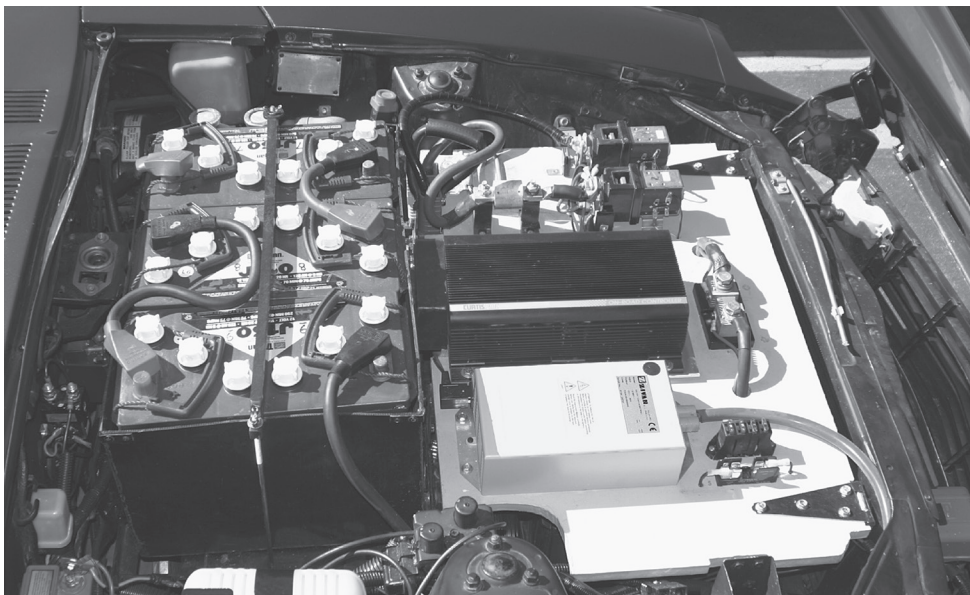


图 10-24 Operation Z 安装好的电池

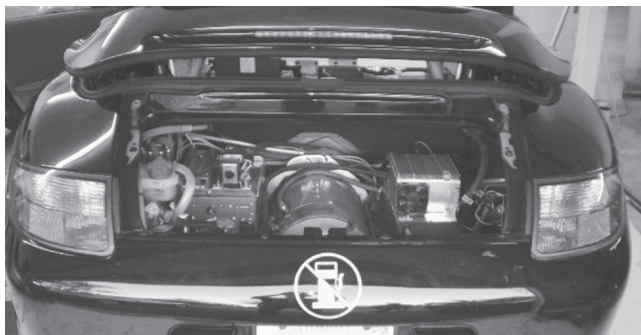


图 10-25 Paul Liddle 改装车的电动机布置线

John Wyland 在他的改装超速赛车中使用了 192 个 Dow Kokam 锂离子聚合物电池，这些电池组成了 12 个 29.6 伏的 Lexan 模块。一个 355 伏的电池组放电电流可以达到 2400 安，可储存的能量为 22.7 千瓦时。Wyland 通过这些得到了什么？最好的锂离子动力电池。正确使用导线和电池管理系统，可以得到这样的高速改装赛车：

- 行驶 60 英尺（约 20 米）时间为 1.58s；0 到 60 英里 / 小时（约 100 千米 / 小时）的加速时间为 1.8s；1/8 英里（约 200 米）预估时间（ET）为 6.443 秒（车速为 108.63 英里 / 小时，约合 170 千米 / 小时）
- 1/4 英里（约 400 米）最高冲线速度：126.01 英里 / 小时（约 200 千米 / 小时）
- 1/8 英里最高冲线速度：109.28 英里 / 小时（约 176 千米 / 小时）

图 10-12 所示为 Pail Liddle 在 EV Porsche.com 上设计得非常好的电机舱，当将其反转并置于底盘时，可以看到电动机非常适合安装在汽车内 EV Porsche WarP 电动机处，然后再安装到图 10-26 所示的位置。

图 10-26 所示为 Paul Liddle 的一款保时捷中尚未固定好的 WarP 电动机。断路开关有两个输入和两个输出。其他一些电动车改装者更愿意将断路开关安装到驾驶人可以方便接触的地方。这么做的代价是你不得不在仪表盘的后面或驾驶舱内的某些其他位置布置比较重的 AWG 2/0 动力线。带来的好处是在发生意外事故时（接触器和继电器触点熔断等）你可以比较安心，有一个你可以碰到的开关，按它就可以关闭一切。图 10-27 所示为电动机如何安装到发动机舱中。

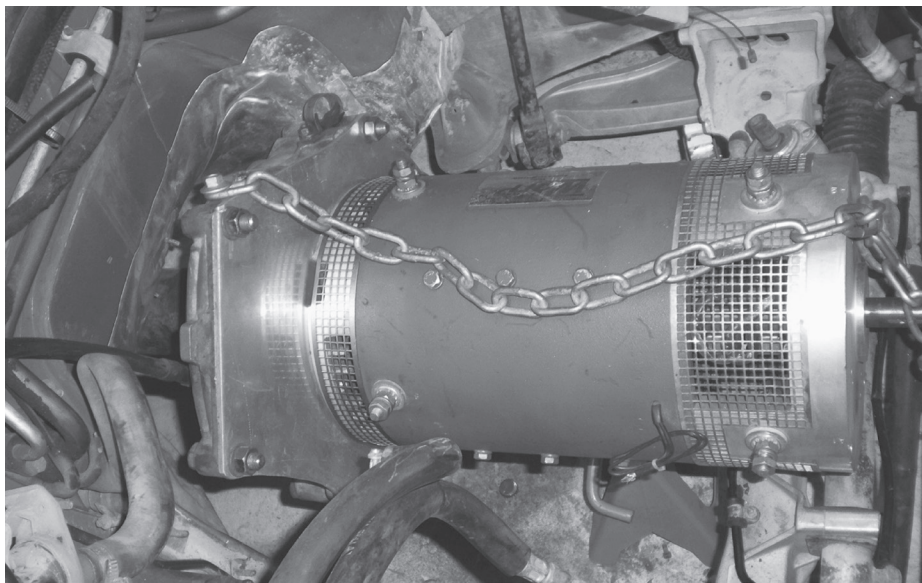


图 10-26 保时捷电动改装车中尚未固定好的 WarP 电动机



图 10-27 TurnE Conversions 的电动机与变速器相连

大电流系统的安全熔断器、电流表分流器、主接触器均位于接线盒内（这个我们将在之后讨论到）。Steve Clunn 选择在低电压侧而非大电流侧去实现安全互锁。那些坚持在仪表板安装大电流安全装置或者切断开关（通常是一个红色的大按钮）的人不得不忍受痛苦在仪表板后部的上方、下方、周围布置 AWG 2/0 的电线——我认为这并不可取。顺便提一下，在这里讨论的 AWG 2/0 电线是绝缘铜（不可能是铝）绞线（这个尺寸的实心线几乎不可能工作）——直径约为 3/4 英寸（19 毫米），所以你会几乎拿不过来。

大电流系统采用悬浮接地，这意味着电池组的负极端口没有连接到车架或车身的任何一点，而是浮动的。这消除了意外将电弧焊工具掉到车子或底盘上，进而引起车辆向前或向后猛冲，同时造成电池组烧坏的可能。它还消除了你漫不经心的依靠在挡板上测量电池电压时受到 120 伏电击的可能。

➤ 低压系统

低压系统部分的理念主要是把现有的点火、灯光和附件线束与新的部件和动力线进行混合。低电压系统部分有 6 个主要部件：

- 钥匙开关
- 油门电位计
- 电流表、电压表或其他仪表
- 安全互锁装置

- 12 伏辅助电池或者 DC/DC 变换器
- 安全熔断器

每辆电动汽车的改装都应该从使用已有的点火钥匙开关开始。在一辆电动汽车中，钥匙开关作为主要的 on/off 开关——其启动功能已经不再需要。你应该确保此开关的位置和接线没有问题。

在 Paul Liddle 的保时捷改装车中，他把油门电位计安装在驾驶人侧的挡板上。图 10-28 所示为油门电位计，图 10-29 所示为它在 Bob Brant 改装的 1987 款福特 Ranger 中的安装位置和接线。

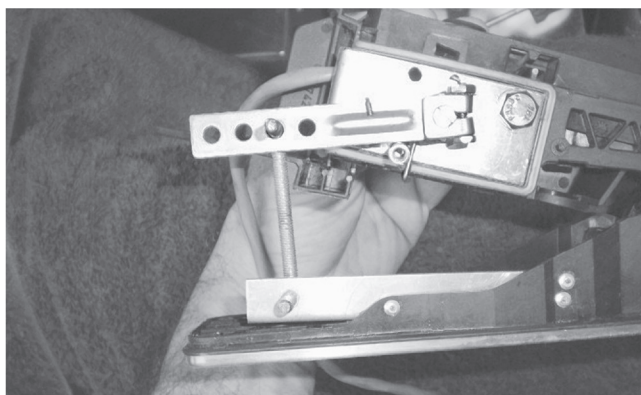


图 10-28 电动保时捷的油门电位计

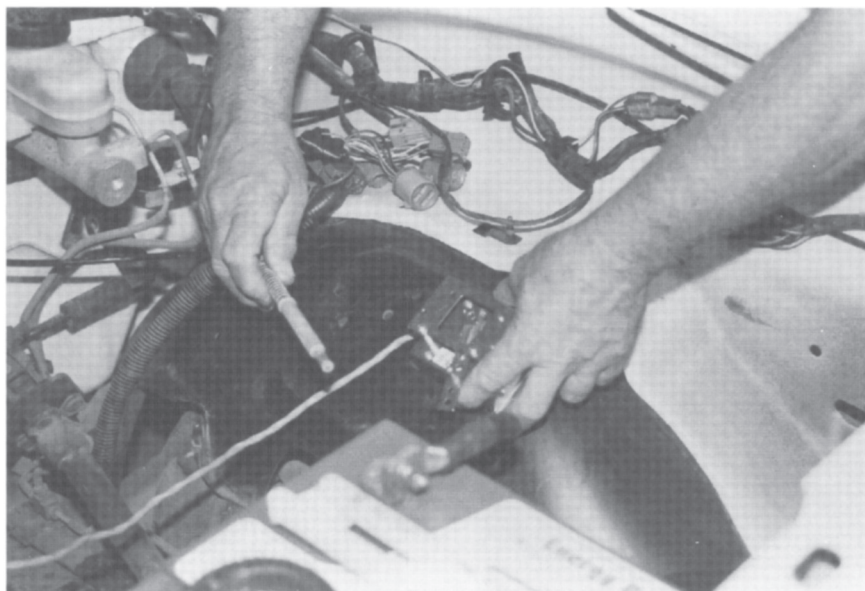


图 10-29 1987 款福特 Ranger 中油门电位计的位置（左）和油门电位计的接线（右）

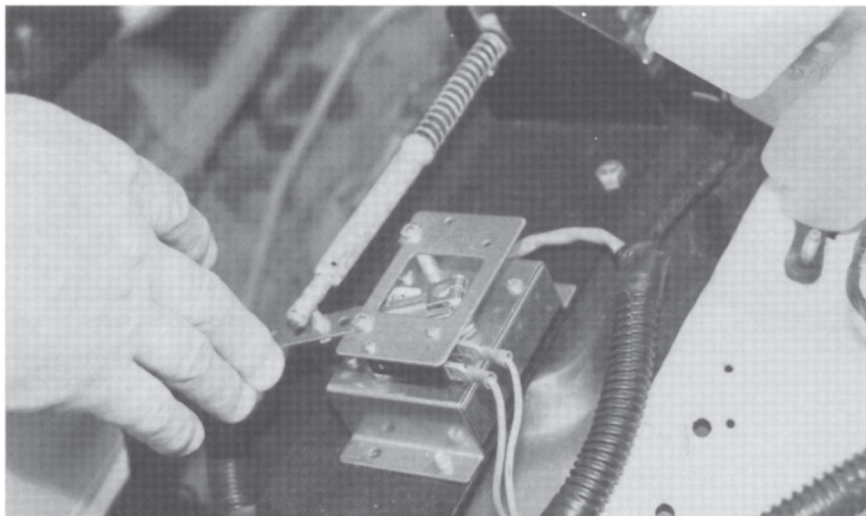


图 10-29 1987 款福特 Ranger 中油门电位计的位置（左）和油门电位计的接线（右）（续）

开关电位计和 LED 灯表示开关装置已就位，如图 10-30（Christian von Hösslin 提供）所示。

图 10-31 所示为电池管理系统（BMS）接线和电池加热系统接线。所有外部暴露的接线都由一层套管保护。

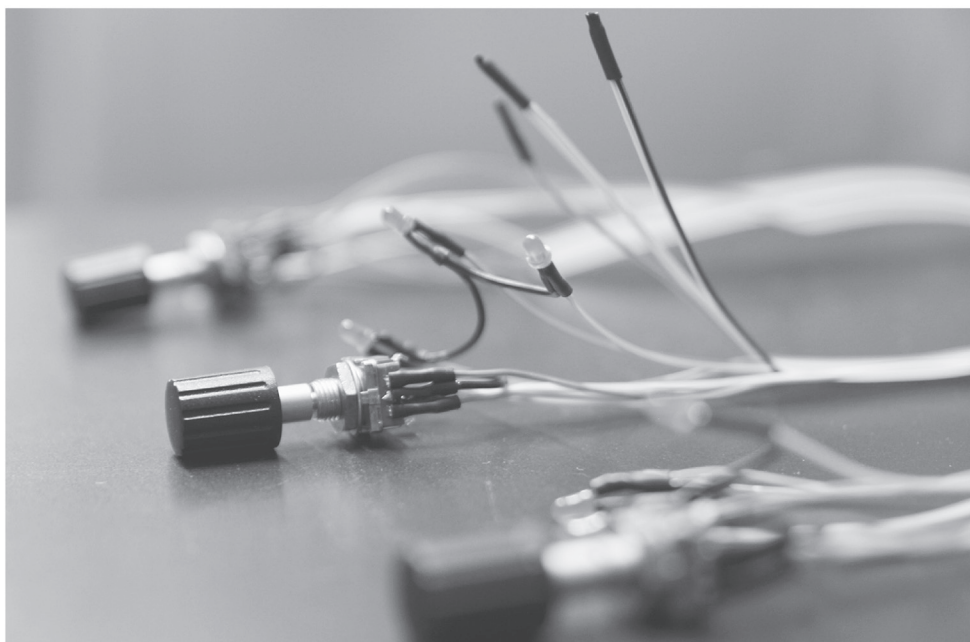


图 10-30 电位计与 LED 相连接

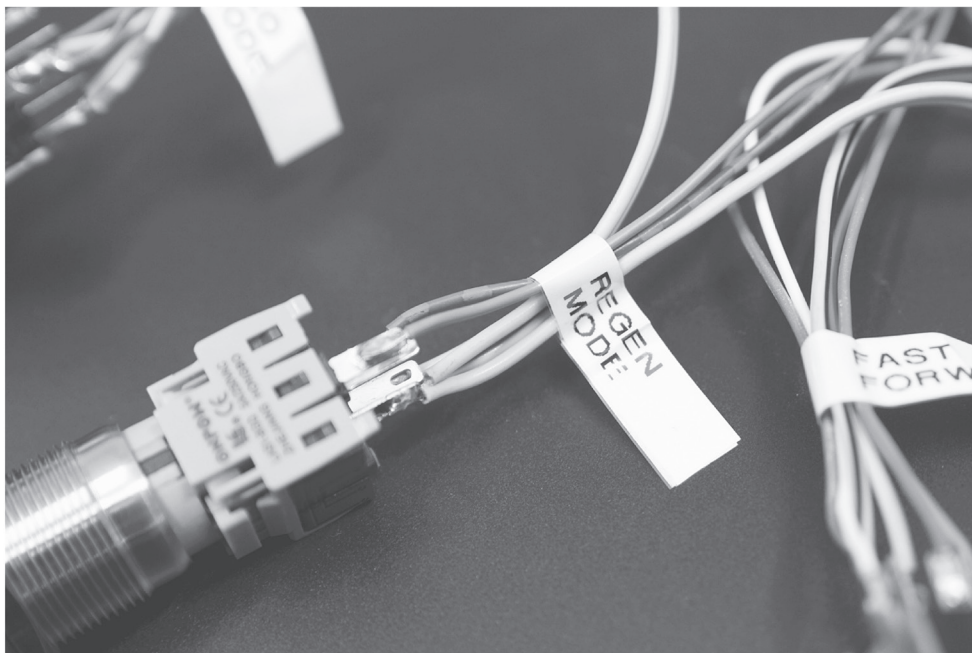


图 10-31 电池加热和 BMS 的受保护的接线

最好的解决办法是接上电压表，只要它始终处于打开状态，就会给你持续显示电池的状态。你不必担心它会消耗电池，因为现代的电压表的内阻足够高以至于它引起的，微小电流可以忽略不计（相比电池内部自放电率小一个数量级）。电池指示器或荷电状态（SOC）指示仪也与电池连接，但它只在钥匙开关打开时工作，所以把它连接到主接触器上的 on/off 一侧（远离电池）。温度计的接线并不是特别关键，只要注意正确的极性和接地，确保热敏电阻与任何你要测量的部件粘贴得牢靠。福特汽车公司对所有部件都要做质量测试。除了所有部件要正常工作外福特还要确保美国生产的所有电池组都要完好。图 10-32 所示为福特公司的工程师正在核准装车前的电池组。

如果你想用一个更现代化的数字电压表来代替模拟电压表，你需要调整采样保持电路（它记录任何时刻的数值），或者显示最后几分钟的采样保持数值的平均值，或者当按下“Read”按钮时输出一个稳定的读数。否则的话，将难以中断快速变化的电压或电流。

安全互锁是一个关键部件。Steve Clunn 的 Green Shed Conversions 设计用了三个——都与低压 12 伏钥匙开关串联一个燃油喷射冲击开关、一个主安全切断开关和一个充电机切断开关（将在“充电机系统”部分中讲到）。主安全切断开关是一个非常方便的、安装在仪表盘上的开关，与钥匙开关串联。一些电动车辆改装者还使用座椅互锁开关，当检测到驾驶人坐在座位上时锁门关闭。你不妨考虑将其作为一个选择。

Steve 选择一块电池作为 12 伏辅助系统的电源。你也可以这么做，或者利用第 9

章中提到的由主电池组驱动的 DC/DC 变换器。如果你选择了 DC/DC 变换器，现在需要安装好并接好线，它的输入端直接与主电池的正极和负极相接。它的正极输出端提供 +12 伏电压，它的负极连接到底盘。

尽量在低电压系统中使用标准绝缘铜线。仪器仪表接线可以使用 AWG16 甚至 AWG18 电线。1 安的各种安全熔断器应与过电位计和所有精密的仪表仪器相连。钥匙开关电路可以利用原有的熔断器板，但不可以使用任何负载超过 20 安的线缆。

低电压系统不像高电流系统，它通过车身接地；12 伏电池（或 DC/DC 变换器）的负极直接与车架或车身相连。大多数内燃机底盘都采用这种方式。通过使用现有的负极与车架接地的惯例，你可以消除重新布线、额外部线和潜在的接地回路。

➤ 分线盒

一个好的分线盒设计可以使发动机舱内的部件接线显得十分清楚，能让你（或其他人）以后能追溯所有接线，并为各种部件提供方便的安装和接点。然而，并非所有的分线盒都能胜任。图 10-33 所示的 Paul Liddle 的“神奇盒子”（“magic box”）就能胜任。图 10-34 所示为底特律福特汽车公司 Focus 中的“神奇盒子”。Jim Harris 为 Bob Brant 的电动福特 Ranger 做了一些伟大的工作——他结合了简约的设计和布局，具有很高的实用性，如图 10-35 所示。大电流安全熔断器（在中间，动力线之后）、电流表分流器（后壁中心较大的、主接触器的前面较小的）和主接触器（盒的左侧），沿着接线板连在了一起。

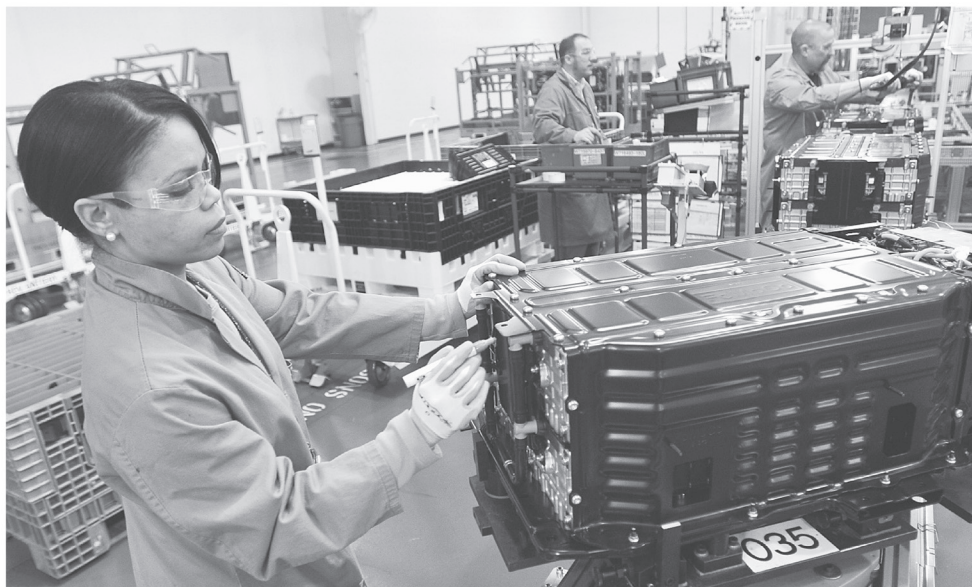


图 10-32 与福特 Focus 电动汽车电池组相连的所有部件都已接好

注意所有的安全熔断器都位于箱子右后方一个方便的地方。Jim 的目标是简单化，如图 10-35 所示。你会看到“神奇盒子”设计进化过程。图 10-33 展示了 Paul 如何改进他的设计。图 10-34 为福特 Focus 的“神奇盒子”。图 10-35 为本书之前版本中的“神奇盒子”的原型。

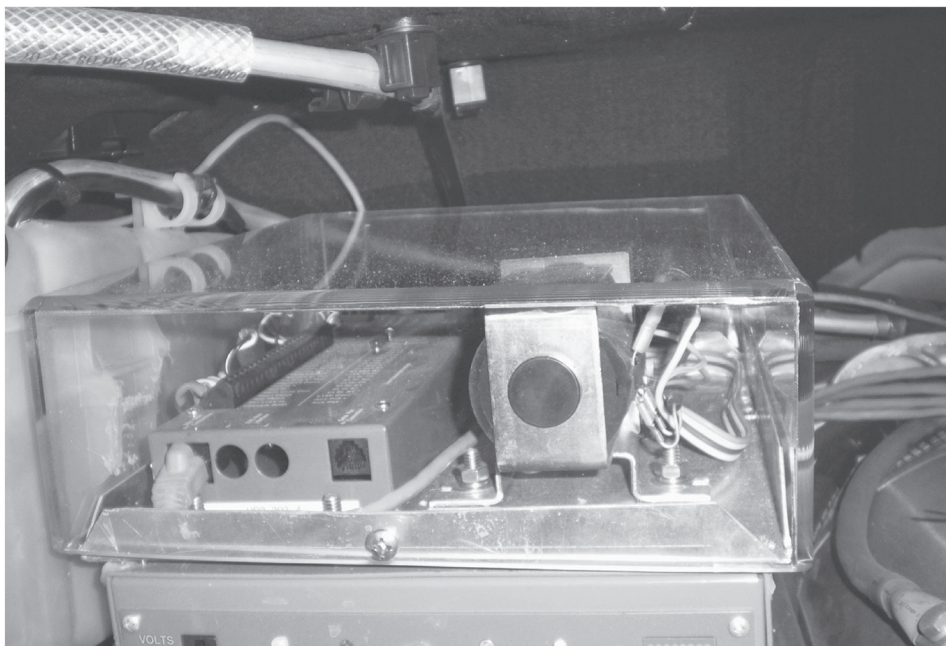


图 10-33 Paul Liddle 的电动保时捷中的“神奇盒子”

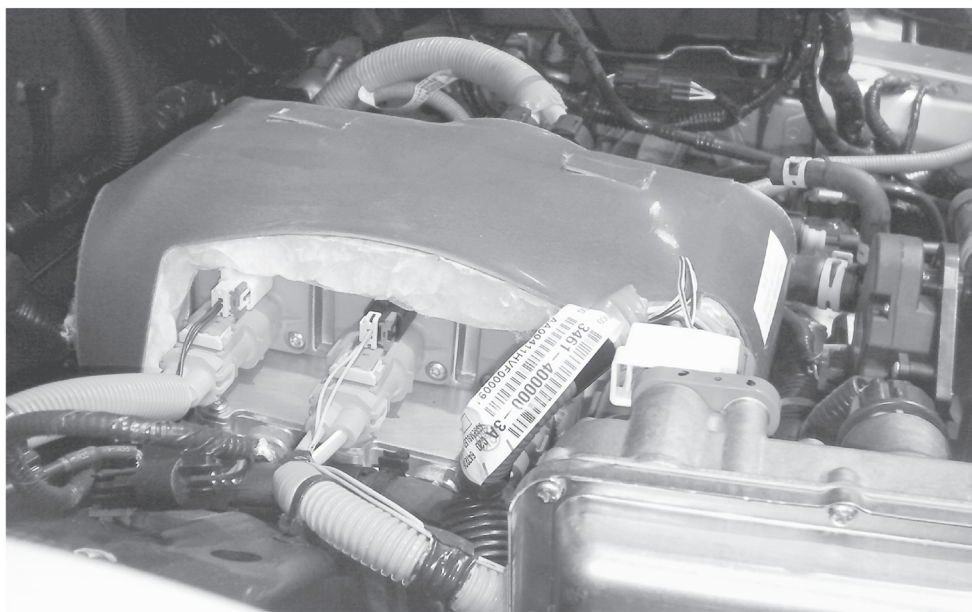


图 10-34 底特律福特汽车公司 Focus 中的“神奇盒子”

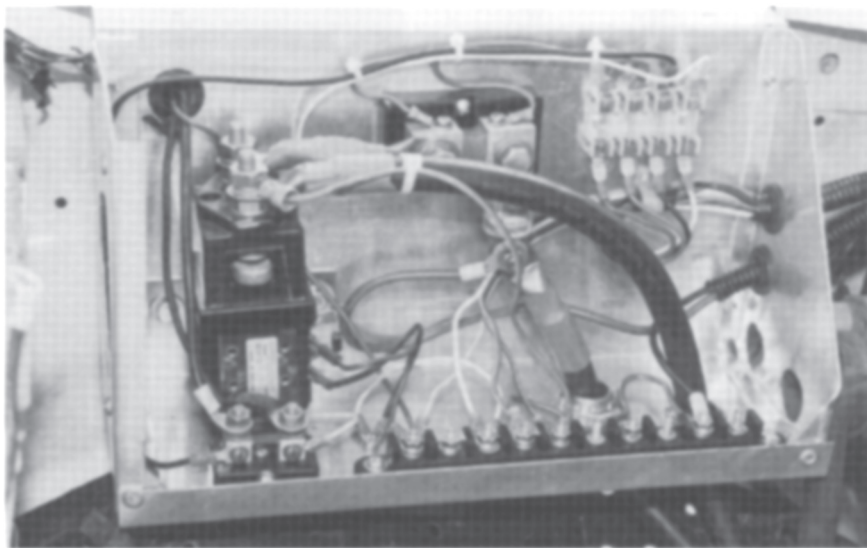


图 10-35 Jim Harris 为 1987 款福特 Ranger 设计的“神奇盒子”

➤ 充电系统

车载充电机的优点是方便，可以利用旅途充电的机会。给车载充电系统布线的双重目的是防止充电过程成为一个“电击”的经历（通过合适的接地），防止充电线仍连接时你因暂时分心而启动车辆（通过充电机安全互锁）。充电机系统有四个主要组成部分：

- 紧凑的车载充电机
- 轻量的线路增压器（可选）
- 安全充电互锁
- 交流输入系统

图 10-36 所示为 Manzita Micro 充电机，驾驶员可以将其安装在铝散热槽板旁边，发动机舱内电机的正上方。因为充电机工作电压为 120 伏，所以需要线路增压器，它安装在驾驶员侧翼子板下方的节气门电位计旁边。在改装车中大部分交流输入的充电端口的最佳位置通常是油箱加油口空出的位置。

图 10-37 很好地解释了控制器的安装。安装信息来源于 Café Electric LLC 并用于 Zilla 控制器。

图 10-38 所示为来自于 Denmark 的 Eltek Valere 公司的 3 千瓦电动汽车充电机。它通常需要附加安装冷却板，但是其尺寸仅为一个常规电动汽车充电机的 1/6。它完全兼容 CAN 总线。



图 10-36 Manzita Micro PFC 50M 充电机

充电机 - 电池和充电机 -AC- 输入插座的连接线都使用标准绝缘铜线。为了防止你（或者其他人）在充电过程中偶然地开车离开并带走连接的延长线，有一个很好的办法是设计一个充电机互锁系统。当 120 伏交流线插入时，继电器锁打开，保持主电池组和控制器及电机断开连接——这样汽车就不能行驶了。

其他的电动车辆改装者也在充电时使用充电机互锁功能来给电池舱风扇供电（电池强制通气）。其他互锁可能还包括：检测到发动机舱盖打开、电池箱盖打开或者交流充电接口的盖子打开时禁止车辆行驶；检测到如发动机或电池舱盖打开等故障状态时禁止充电。你可以考虑这些选项。

为了防止你（或其他人）在电动汽车充电时触摸车身触电，车子和车架应与交流中性线接地。这条中性线与交流输入插头和车身或车架相连，仅在充电时使用。电池应该悬浮，不与车架接触，甚至可能通过把它们置于电池箱内而进行绝缘。图 10-39 所示为 Smart 电动汽车的 EV200 Kilova 接触器，图 10-40 所示为 Smart 电动汽车带有安全保护盖的充电接口。

要保证不受到电击，不带变压器的充电机应该安装有接地故障断路器，而带变压器的充电机应该是隔离型。如果你不喜欢使用车载充电机，则可以改变你的布线和互锁设计方案。在这种情况下，你需要一个 140 伏直流输入、电流高达 30 安的固定充电机。你还需要为车载的 12 伏辅助电池充电（除非你使用 DC/DC 变换器）。这意味着你的充电插座输入至少需要两个插接器——一个用于大电流悬浮的 140 伏正负输入引线，另一个用于与车架接地的低压 12 伏正负输入引线。非车载充电机的互锁设计与车载的



一样，除非你使用继电器，其线圈由已有的 120V 直流供电，并且它的触点和 12 伏钥匙开关串联。当充电机的 120 伏直流或 120 伏交流（取决于你的充电喜好）延长线接通电源后，该继电器门锁打开，断开主电池组，并且固定车辆。图 10-41 所示为 Kilova 的 EV200 型接触器。图 10-42 所示为 CODA 的充电接口。图 10-43 所示为 SMART 电动汽车断开的触点。560 伏被平均分成 5 个较小的 105 伏的单元。图 10-44 所示为手动断开的特写图。

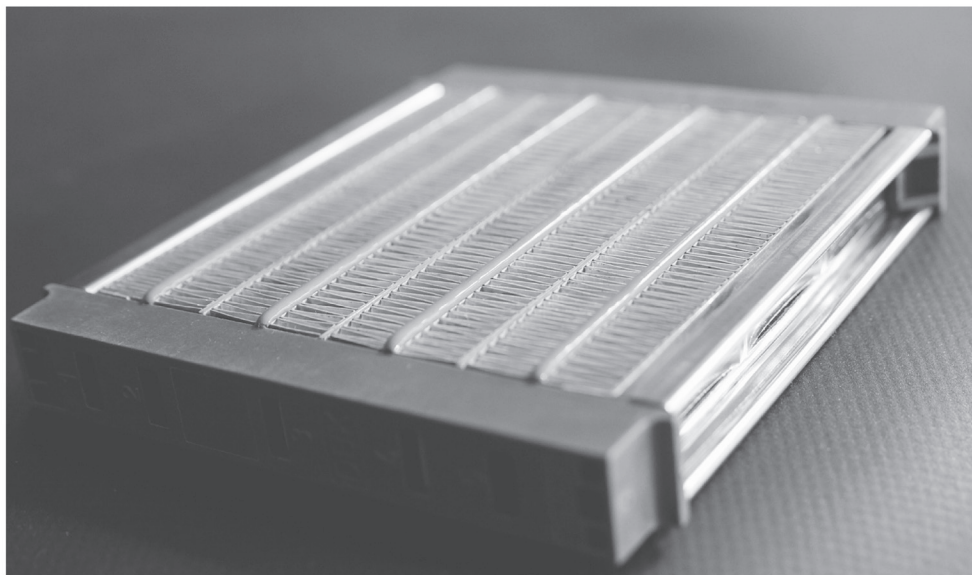


图 10-38 Smart 电动汽车使用的 Eltek Valere 的 3 千瓦充电机

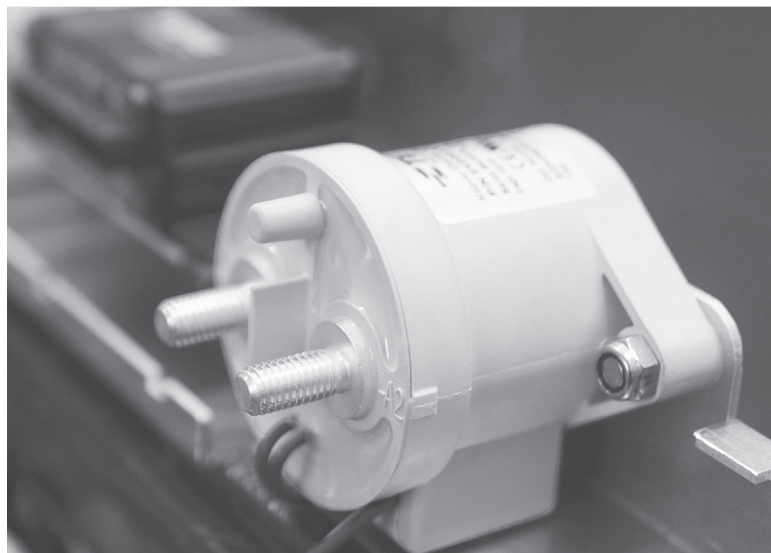


图 10-39 Kilova 的 EV200 型接触器

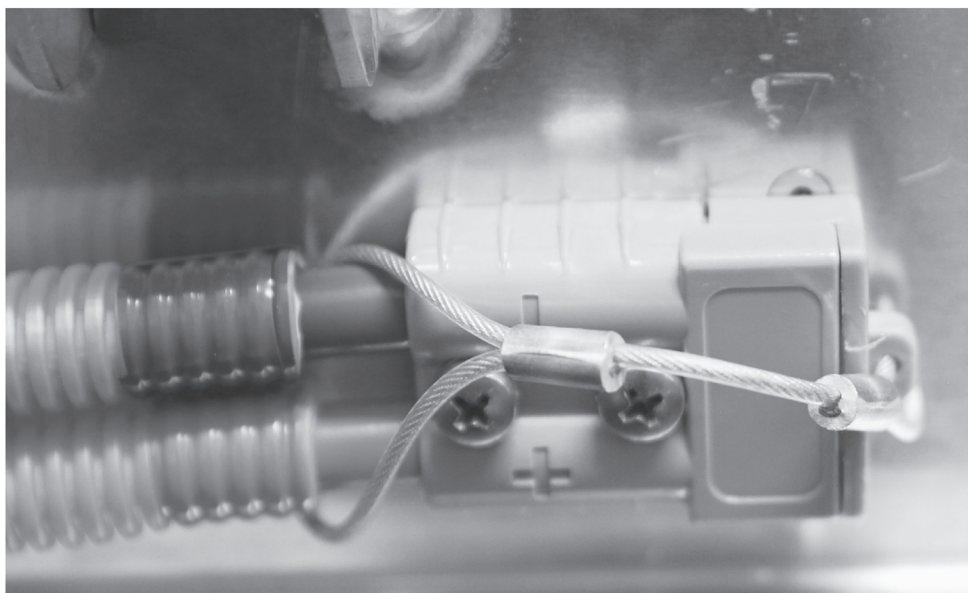


图 10-40 带有安全保护盖的充电机接口



图 10-41 Operation Z 的充电接口

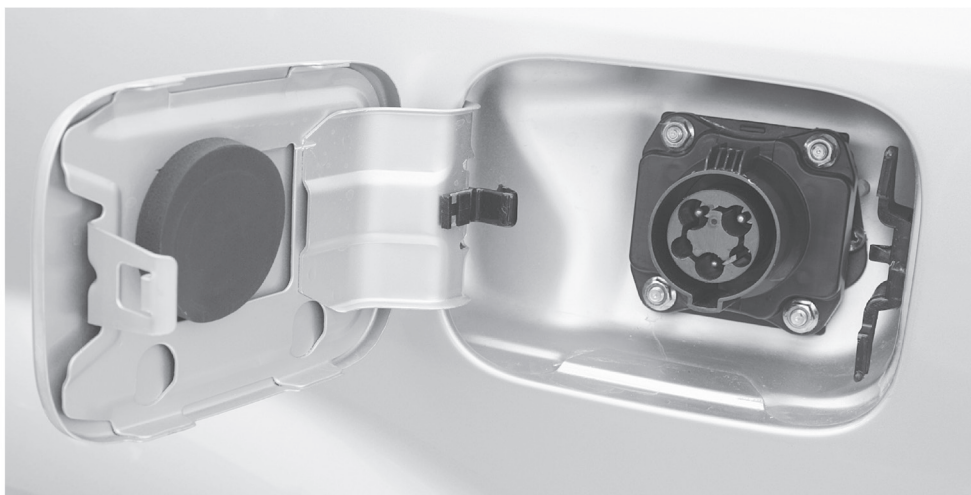


图 10-42 CODA 的充电接口

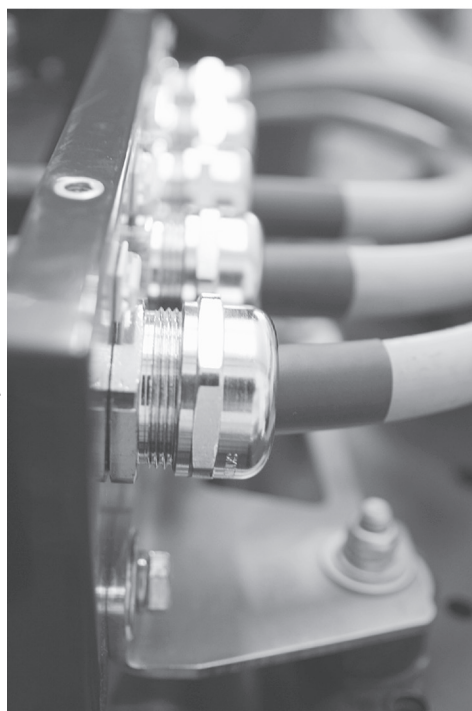


图 10-43 Smart 电动汽车断开的触点



图 10-44 Smart 电动汽车的手动断开

10.5 电池

购买和安装主驱动电池组是电动车辆改装过程中的最后一步。你在最后采取购买电池，因为你不希望被它们耽误进程，也不想在这几周（或数月）里不断给它们充电。当你的电动车辆改装几乎完成时，在所有的电池安装框架制造完成并且接线后，再安装电池。让我们来进一步了解这些步骤。

➤ 电池安装

在电池的安装中最重要的考虑是将它们安装在一个合适的位置，以方便后续维修。你之前已经决定了电池的类型和数量，得到了它们的尺寸，分配好了前部和后部安装空间，并且设计和制造了电池安装框架，稍微比使用的电池要大一些。剩下的任务就是安装它们。

新型 Hotzenblitz 电动机的峰值功率为 30 千瓦，扭矩为 120 牛米，在遇到红绿灯时，它所表现出来的运动操控性能使其他驾驶人惊讶不已。电动机完全无噪声，变速器和电动机有非常好的连接且通过优化降低了噪声。设计的限制速度为 110 千米/小时。旧款 Hotzenblitz 也可以达到这个速度，但是对于新款来说，更加高效的驱动系统可以提供更高的持续速度（如越野旅行）。它可以以 90 千米/小时的速度快速

而简易地在城市中穿梭。因此，采用 2 并联 32 串联形式的新型 Hotzenblitz 电池组电压为 107 伏，容量为 140 安时，电量为 14.9 千瓦时。如图 10-45 所示，电池组采用铝包装并安装在汽车中间底部。图 10-46 所示为刚切割好的铝板，准备装配到充电机支架上。图 10-47 所示为 Paul Liddle 电池连接在一起准备装进电动保时捷。



图 10-45 装在铝合金框架中的电池组准备与“神奇盒子”相连并安装到 Turn E 的 Smart 改装车中

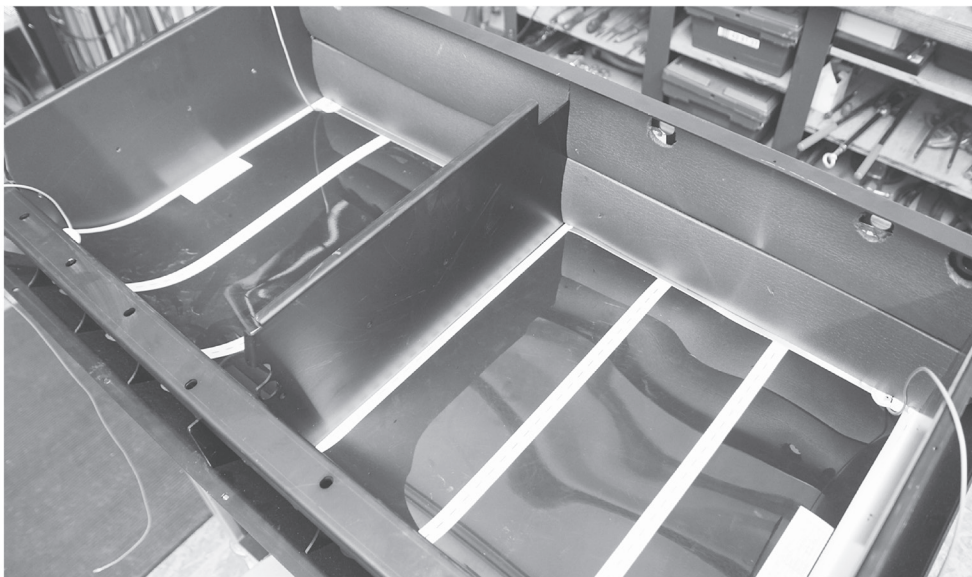


图 10-46 Turn E 改装车的电池支架

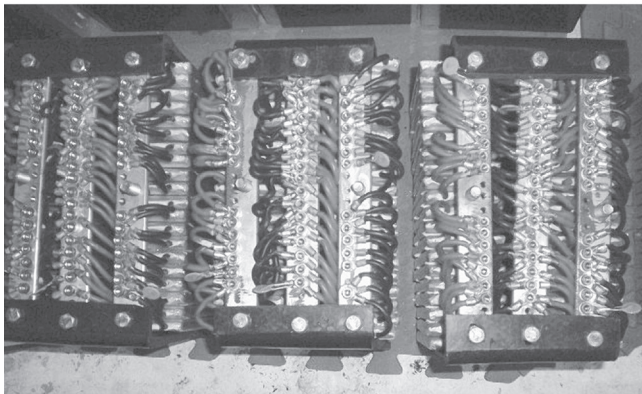


图 10-47 Paul Liddle 的电池插接器

➤ 电池接线

在电池接线中最重要的考虑是接线要整洁、牢固。图 10-48 所示为两个测量单体电池电压的 BMS 与 BMW 线和电池加热线之间的连接。

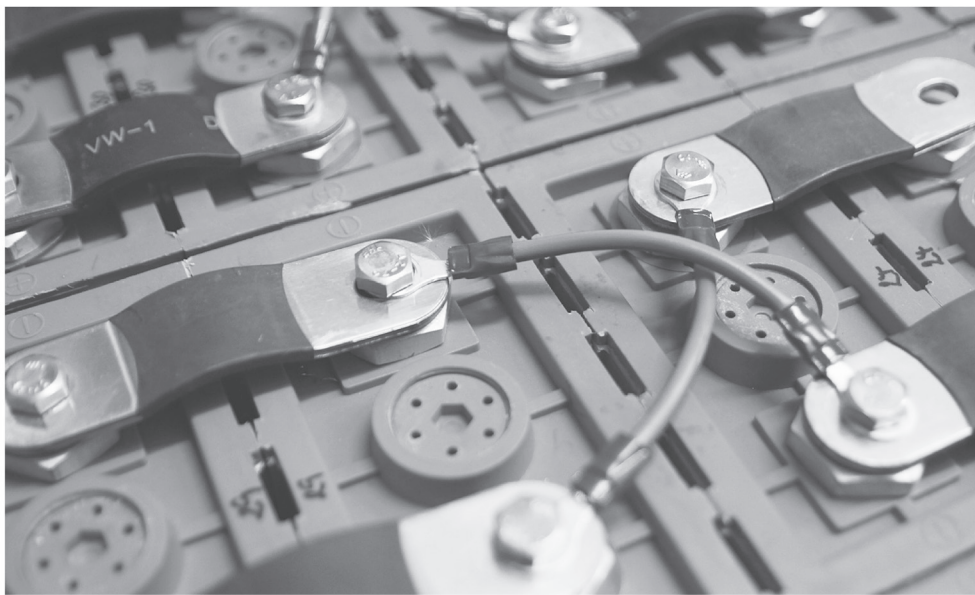


图 10-48 准备安装到保时捷纯电动汽车中的完美的 A123 的电池和 BMS 接线

在你接通电源前要检查一下是否有接反电池的接线。完成工作后一定要再检查一遍，并用电压表测量完成的电池组，看它显示的是否是你所期望的标称 120 伏。如果不是，则分别测量每块电池以确定问题所在。如果问题出在颠倒配线上，则正确安装和接线后就可以解决这一问题。图 10-48 所示为更多的电池管理系统（BMS）模块。一个用于 12 块电池，另两个分别用于 10 块电池，共计 32 块电池串联而成的电池组。

图 10-49 所示为 BMS 导线和电池加热导线，来自 TurnE Conversions 的 Smart 电动汽车的所有围绕在外部的导线都有额外的一层保护管，如图 10-50 所示。图 10-51 所示为这些能量型电池所需的适当的通风。图 10-52 所示为福特汽车公司电池组生产过程中的制造和复查过程。图 10-53 所示为固定在盒子上的电路，盒子的另一端是仪表板。图 10-54、图 10-55 以及图 10-56 所示的内容对改装也确实有帮助，尤其丰田 RAV4 EV 的仪表板，可以使你发现你已经基本完成了改装或制造。

图 10-57 所示的 Rema 电源接口适用于高达 160 伏电压、500 安电流，可以非常简单地连接到电池箱侧面。图 10-58 所示为 Epic 多针插头，用于连接汽车信号线用于 Curtis 控制器。除了动力线外的所有导线都穿过该插接器。

如果电池在 SOC 方面的问题是由放电性能较差的次品电池引起的，检查并确保它可以好好地充电，或者从经销商那儿购买合格的电池替换掉。给“坏电池”再次充电会导致整个电池组的寿命缩短。请仔细检查所有的电池。注意：在你连接电池电路的电源线之前确保主电路断开。最好是切断主断路器，并等待直到系统检测完成并最终接好电池。

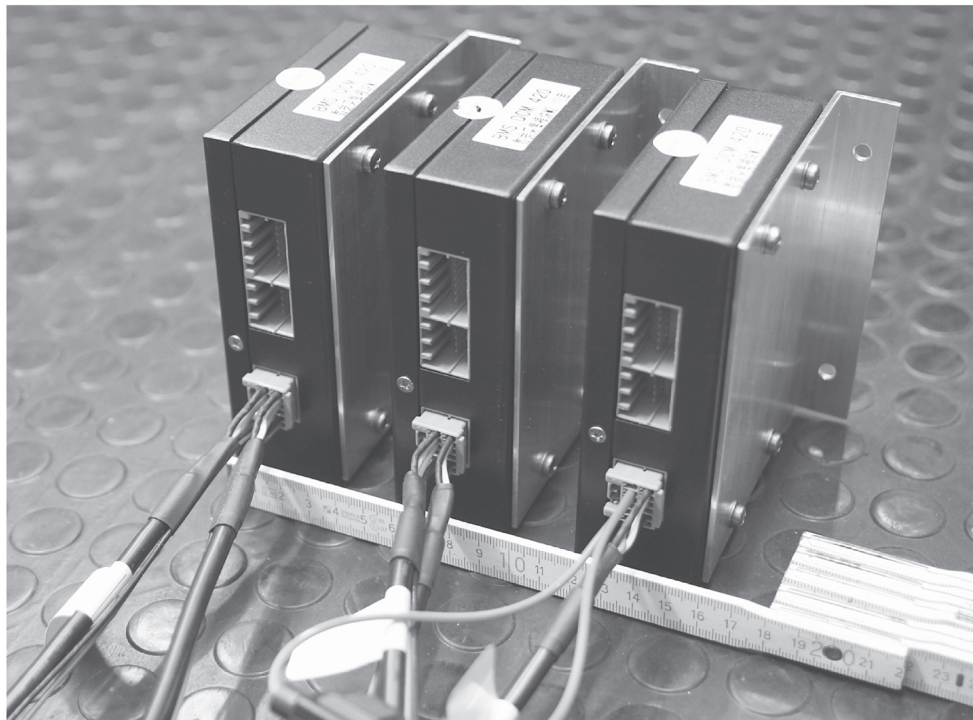


图 10-49 BMS 盒、接线和电池加热线



图 10-50 接好的电池线束



图 10-51 高能电池的通风



图 10-52 福特汽车公司电池组生产过程中的制造和复查过程



图 10-53 切换到 2 档、3 档和 4 档的电路



图 10-54 电动 RAV4 汽车的连接到盒子的电路



图 10-55 Ken Koch 改装公司改装的高速赛车中与仪表板连接的线缆

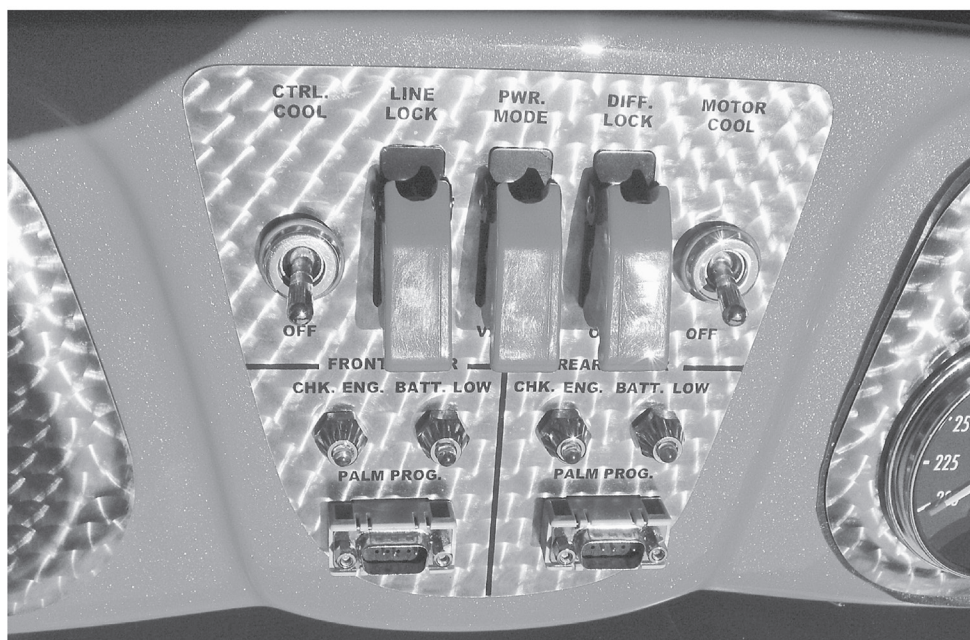


图 10-56 也不要忘记老式的仪表板

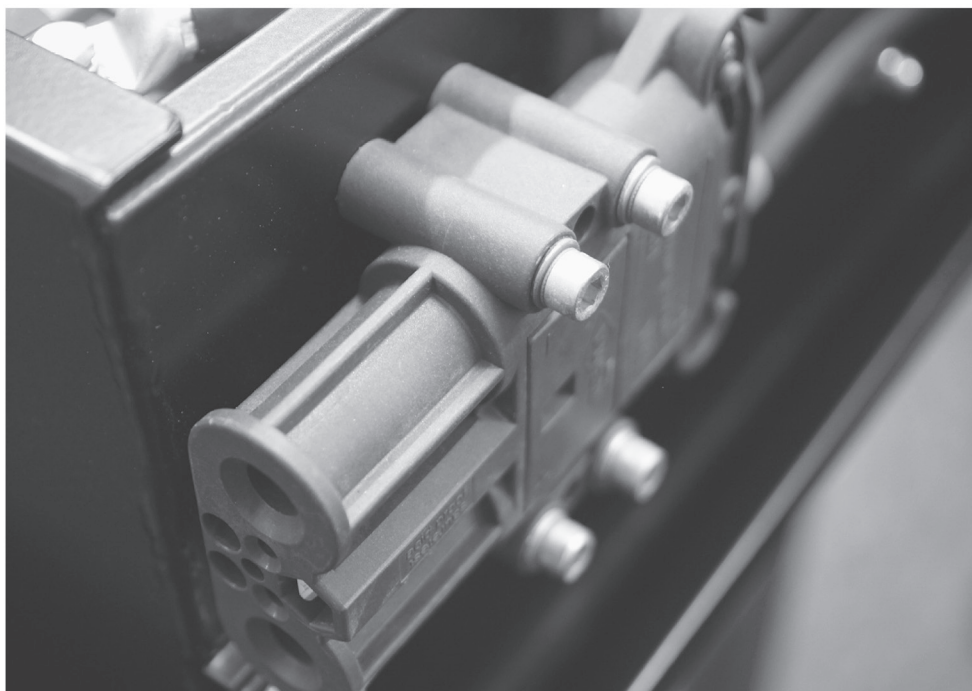


图 10-57 160 伏 /500 安电源插接器

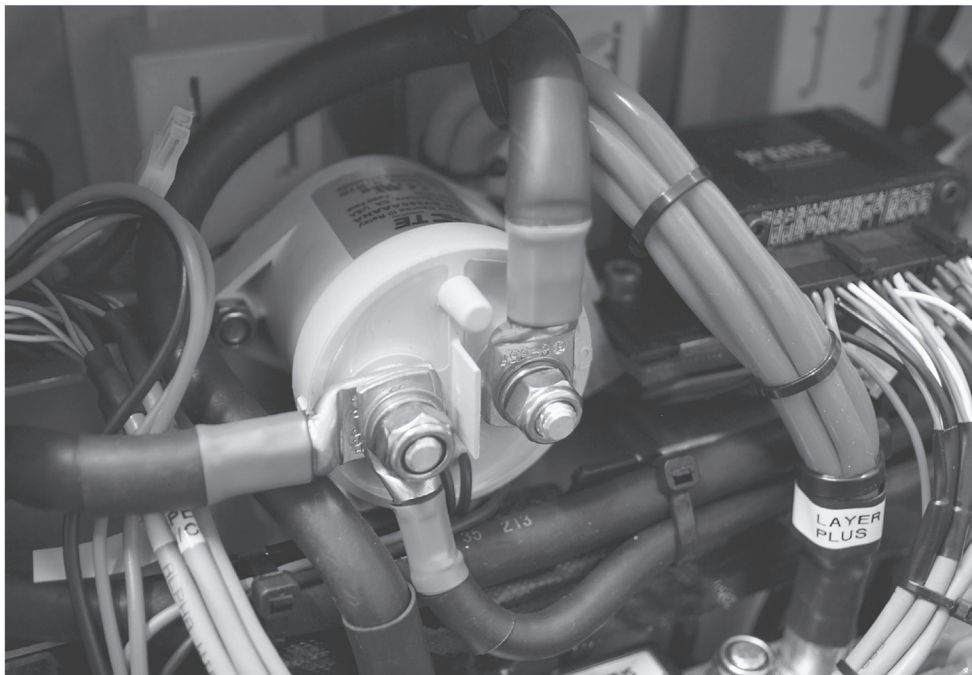


图 10-58 Epic 多针插接器把信号线与 Curtis 控制器相连

➤ 12 伏辅助电池

辅助电池是这时要安装或测试的另一个例子。然而，从旧汽车回收 12 伏电池（如果你可以的话），并把它放在同一位置。我们没有必要去重新改造放置 12 伏电池的地方。

10.6 改装之后

这是系统检查、试车和收尾的阶段。首先，确保一切正常，然后看一看车辆工作状态如何，然后尽量使车辆工作得更好。当你对改装车感到满意时，可以开始喷漆和抛光。并在你的作品上签名。下面让我们来看看各个部分。

➤ 系统检查

现在是时候用千斤顶举起你的改装电动汽车的驱动轮了（或者在工作架上支起它们）。我们的目标是在你开车上街之前能看到一切都工作正常。图 10-59 所示为特斯拉汽车在系统检查之前设置接线。当驱动轮离开地面并处于一档后，做以下几项工作：

- 在接通最后一条电池电线之前，检查电池极性已正确地连接到控制器 B+ 和 B- 端。

- 找一个 100 ~ 200 欧、5 瓦或者 10 瓦的电阻，将它连接到主接触器端子之间。关闭钥匙开关，但接通最后一个电池电线，并打开主电路断路器，测量控制器 B+ 和 B- 两端的电压。如果电池极性与端子匹配正确的话，测量到的电压大概是电池组总电压的 90%。如果没有发生这种情况，则检查接线问题。如果是这样，你可以准备打开钥匙开关了。
- 打开钥匙开关，同时松开加速踏板。如果电机在加速踏板没有踩下的情况下运行，关闭钥匙开关，检查接线问题。如果当你打开钥匙开关时什么都没发生，就可以进入到下一步。
- 变速器处于一档，慢慢踩下加速踏板，看一看车轮是否转动。如果车轮开始转动，那么非常好！现在我们来看一看车轮是如何转动的。如果车轮正在以正确的方向旋转，那更好了！如果不是，关掉钥匙开关和主断路器，然后反接串励直流电动机磁场接线。如果你的车轮已经正确地旋转，那么进入到下一步。
- 如果你在控制器中设置了高踏板禁用选项，关闭钥匙开关，踩下加速踏板，然后打开钥匙开关，电动机应该不会运行。现在把你的脚从加速踏板完全离开，慢慢地使踏板复位，电动机应该像以前一样运行。如果电动机不能正常工作，排除接线故障。如果一切运行正常，你就可以准备进行道路测试了。关闭钥匙开关。



图 10-59 举起特斯拉 Roadster 进行车辆检查

➤ 进一步改善冷却系统

来自 Green Shed Conversions 的高级机械师 Steve Clunn 对这些仍然不满意——他希望控制器独立冷却，与发动机舱内复杂的气流无关。于是他又在散热片的顶部增加了风扇和定向冷却导流罩。他还扩展了“神奇盒子”和控制器之间的安装空间（现在所有的部件都安装在共用的散热器铝板上），并且在乘客侧翼子板位置重新放置了电池充电机——最大限度地保证冷却和空气流通。

➤ 同样改善加热系统

上部插接器用于加热单元，电压为 100 伏，下部插接器用于充电机。这些插接器是由一家名为 REMA 的公司制造的。图 10-60 所示为 1800 瓦的加热单元，TurnE 改装公司用该单元代替了 Smart 的热交换器。它能快速供热，仅一个就能满足像 TurnE 公司改装的 Smart 电动汽车的供热。这实际上就是通过五个按钮来驱动汽车，图 10-61 所示为这些开关的接线。根据 Christian von Hösslin 所说，今后为了简化装配，这些都会安装在一个印刷电路板上。图 10-62 所示为一个完整的发动机舱。

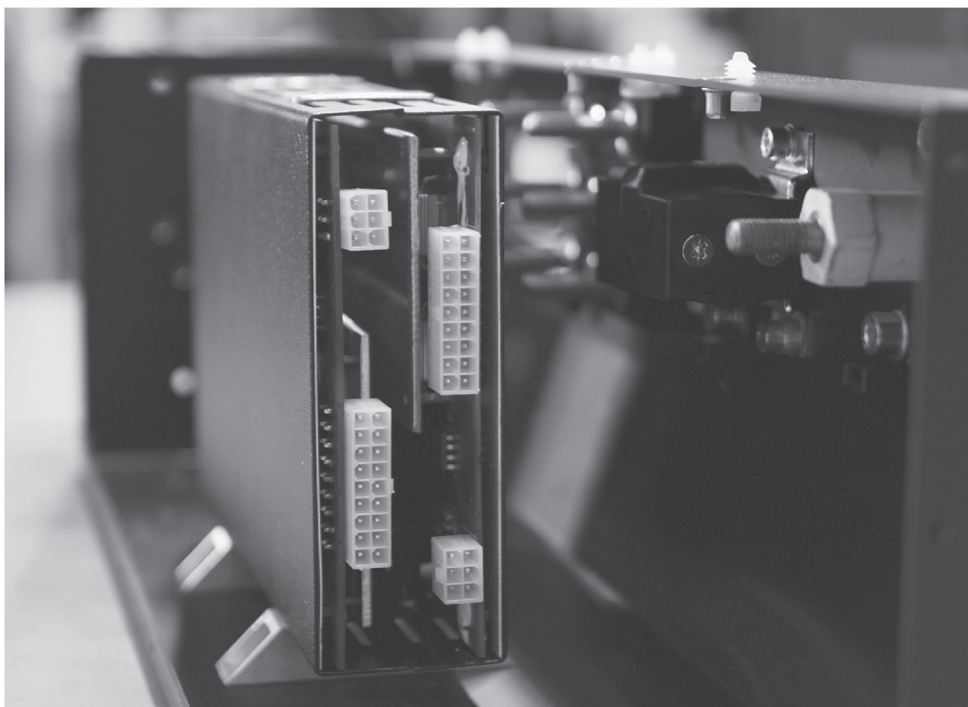


图 10-60 Smart 电动汽车的加热单元

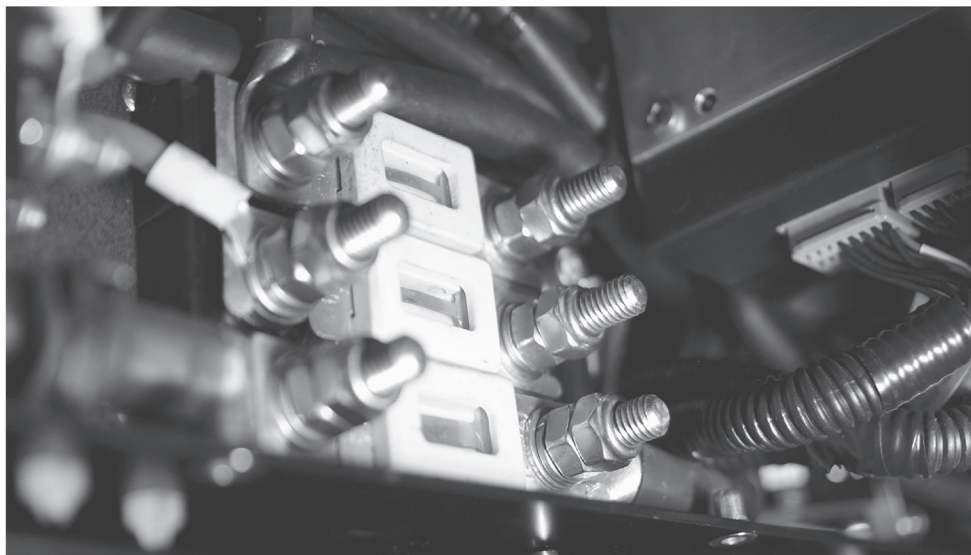


图 10-61 开关接线

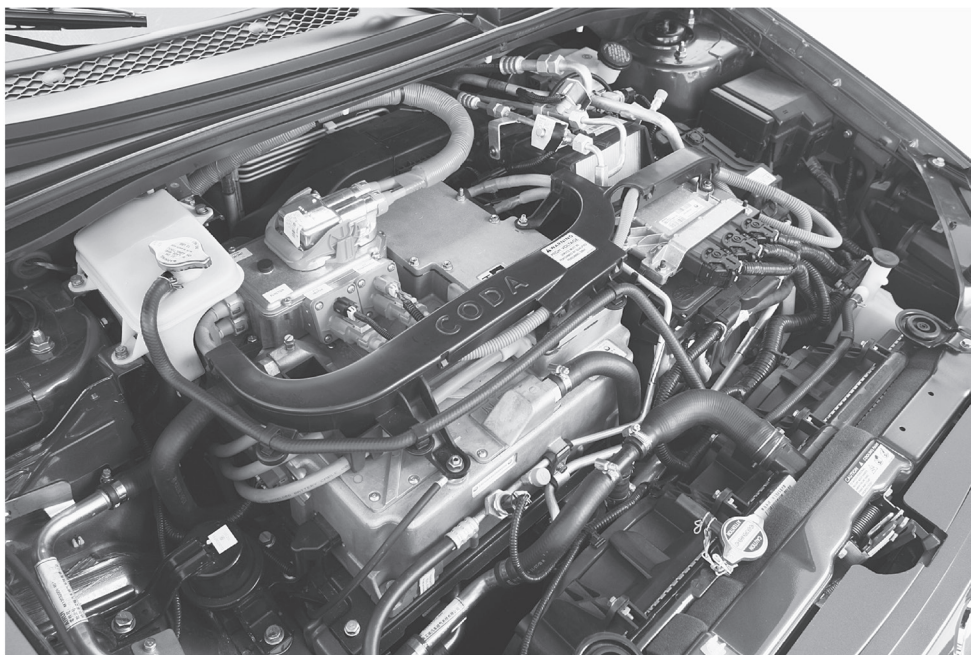


图 10-62 CODA 电动汽车准备测试

➤ 在社区内试车

- 检查主电池组的荷电状态 (SOC)。如果完全充满电或者即将充满，你可以继续下一步。如果电池还没有充电，则在进行下一步前先要充满电。
- 在电池完全充满电之后，从电动汽车下面移走千斤顶和 / 或轮架，打开车库的

门（相信我，这一步非常必要），检查所有的工具、零部件、电线都没有挡在你车辆出门的路上，然后打开钥匙开关。挂档，松开驻车制动器手柄，踩下加速踏板，这时就可以向你的邻居们展示你的车了！

- 车辆加速应该非常流畅，最大车速也应该非常高，制动和操控很正常。车辆异常安静可以让你听得出传动系统、电动机或者制动片的任何异响。现在，你可以开始幻想了。

➤ 喷漆、抛光和标记

当所有的事都如你所愿之后，是时候“装扮你的车（pimp your ride）”了。你问为什么？因为你的车是你自身的另一部分。车的外观反映了你的品位；你要为自己的作品感到骄傲并且将它最闪亮的方面展示出来。除了在车身上写上“电动汽车”，还有一种方法就是让车子的前或后格栅看起来像是电动汽车。图 10-63 所示为 TurnE 改装车的一种设计方案，该公司用它们自己的车贴来标志它们改装的 Smart。



图 10-63 你必须使用合适的标志来展示你的汽车

10.7 不断改进

请注意 Paul Liddle 的保时捷电动汽车的“神奇盒子”的演变。从控制器、接线盒、散热器到风扇的一切都被封装保护在一个金属外壳中，安装在发动机舱内电动机上方的中间位置。所有部件都在一个盒子里，你只需要连接几根导线——使改装过程更容易，而且操作更可靠。

Ken Koch 对他的跑车外形感到非常自豪，如图 10-64 所示。它的外壳平直光滑，

有一个华丽的橙色涂装，在阳光下散发出光芒。玻璃钢制造的车身和金属罩尽可能地显示出车身的流畅感。汽车的外观是完美的。拥有传统的枝干型镀铬进气格栅、前照灯、尾灯、保险杠、标准前风窗玻璃，这是旧式和新式的混合物。车轮使它看起来有现代的一面，座椅也一样。如果发动机罩、侧围板和行李箱盖关闭，没有人会怀疑它是一辆由电池驱动的汽车，如图 10-65 所示发动机盖下潜伏着 800 马力的动力。发现它的唯一线索是，透过百叶窗侧板观察。观察者会看到大量的镀铬、抛光的改装零件——但是没有发动机。



图 10-64 Ken Koch 的跑车现在的样子

车身用于放电池的空间不大。你可以看到这两个电池箱贴合得很紧密，如图 10-65 所示。

车内没有空间放下一个敞篷座椅，甚至一袋杂物。我觉得那也没有关系——反正这车不是一个“杂货店”。电池箱的两侧各有一个 Manzita Micro PFC-20 电池充电机，都装在各自己的支架上。汽车可以通过两个安装在下面的镀铬充电插头接入 120 伏或 240 伏交流电，左边的插头位于原先的 34 英寸加油口位置。电池箱可通过液压车载吊车抬出或放入车内。保持平衡至关重要，这是一个精巧的二人工作。

当跑车回家时已经完全喷完漆，并且 95% 左右的机械工作已经完成。TumE 计划完成所有电气工作。首先是估计我可以大约在两个月内完成设计并完成所有布线工作。

Bob Brant 没有每天都为他的 1987 款福特 Ranger 电动汽车做改装工作。“我每天只花四五个小时在这上面——额外的时间用来做其他的事情。事实上，如果早知结果，我都不会在意最终期限，但是我很享受这段旅途。”

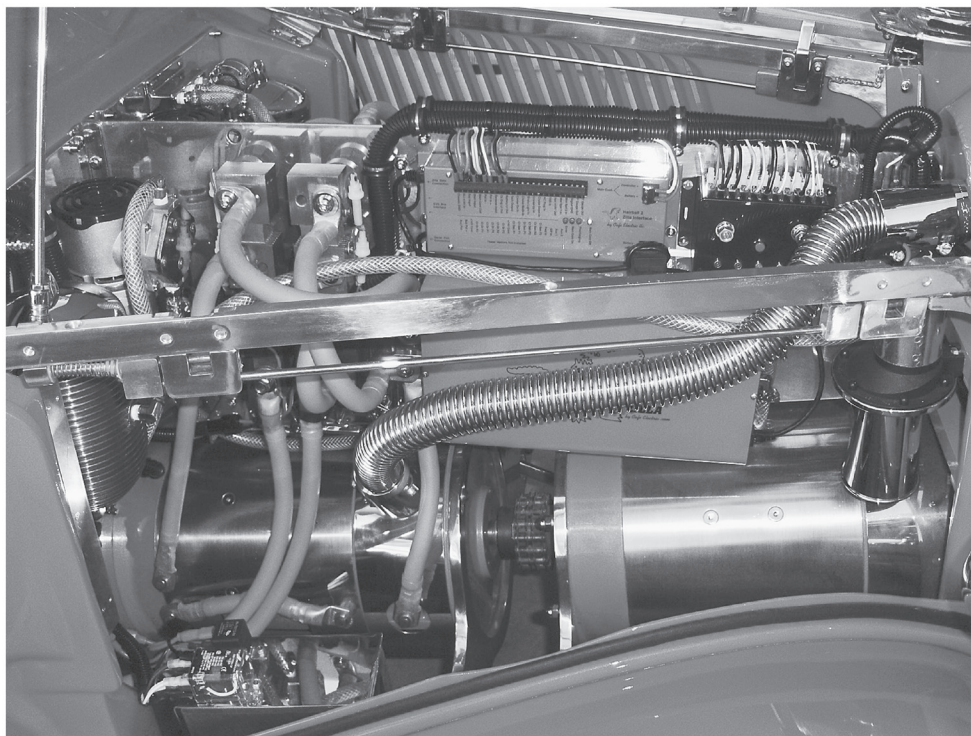


图 10-65 内部所有接线令人印象深刻

有一个专门的开关用来开启或关闭电动机冷却系统。另一个开关调整控制器冷却的高、低中间部位的一些开关用于竞赛。“LINE LOCK”开/关允许电源耗尽。“DIFF. LOCK”开/关电动锁定或解锁后差速器。“PWR.MODE”用于选择“VALET (300 马力)”或“RACING (800 马力)”模式。

考虑到你的车重为 2450 磅，300 马力应该足以让它上路。事实上，写作本书时，仪表盘后面的接线还没有完成。另外，我们手中并没有 100% 充电的电池和 LED 电子器件，我们的跑车在做内饰之前还有一些路要走。内饰包括地毯、座椅和一个中等行李箱，我们还需要一些时间来做一个定制的可移动的 Carson top。

10.8 和你的车合影

现在，你已经看到一辆电动汽车是如何改装完成的了，你可以开始着手自己改装了。这是一个非常简单的项目，如今几乎任何人都可以做到，可能很少需要寻求帮助，

好好利用现有的部件和预制的改装组件。想象你自己在图 10-66 ~ 图 10-72 之中，并采取行动使其真正地发生。然而，图 10-71 所示为 Christian von Hösslin 如何确保让保时捷跑车有口皆碑。最后，图 10-72 所示为在长岛的国家 Plug-in Day 车展上的日产 Leaf，它的充电接口在车子前面。炫耀你的汽车是你最值得骄傲的时候！



图 10-66 Turn E 公司改装的 Smart 电动汽车



图 10-67 把你self放入本图中——改装你自己的电动汽车



图 10-68 Operation Z 公司的 Joe Porcelli 和 Dave Kimmins



图 10-69 特斯拉 Model S 首次登台亮相！这就是我想要我的车交付时的样子！



图 10-70 Turn E 公司改装的保时捷电动跑车



图 10-71 你不仅仅要标志这是一辆电动汽车。还要让他们知道这是你自己的保时捷跑车



图 10-72 在 National Plug-In Day 上日产 Leaf 展示其发动机舱及充电接口

10.9 小结

Ken Koch, 这些年来一直是本书的忠实支持者, 并在第 1 版中与 KTA 服务公司一起帮助改装福特电动汽车。“卖掉 KTA 服务公司和电动汽车零部件供应业务后, 我现在能够有一些退休的可能。这给了我很多额外的时间, 可以在自己想做的项目上花很长的时间: 改装一辆 1934 年的福特老式跑车。早在高中的时候, 我就利用周末参加赛车, 这激发了我对速度的追求, 今天这份追求仍然在我的血液里沸腾。当我还是一个十几岁孩子的时候, 每个人都梦想有一个早年 30 年代的跑车。我也不例外。当然, 在那个时候没有多少人能买得起, 实现这个梦想。对于任何最终买的起跑车的人, 他都要等到几年后了。好了, 现在是时候开始了!”

也许大多数人都指出 KTA 仍然活得很好，并可以访问旧的网站 www.kta-ev.com。KTA 的新当家是 Wistar Rhoads，他在 2008 年 4 月收购了这项业务。这表明还有一些幸存者，比如电动汽车 (ElectroAutomotive)、美国电动汽车 (EVA)、Steve Clunn 和 Ken Koch 等这些改装业界的开创者，他们对于你的改装来说是惊人的资源。去寻求帮助，这就是他们在这个地球上存在的原因。

一旦你选择驾驶电动汽车之后，就该开始考虑今后的事了。你需要去注册牌照并购买保险，只有这样你才可以开着它离开你的小区。你还需要去学习如何驾驶和保养，并获得最完美的驾驶体验、经济效益和使用寿命。

11.1 牌照和保险概述

不论在哪儿，都不会有人质疑为一辆保时捷 911 改装电动汽车和福特 Focus 注册和投保。如今任何代理商都可以为你提供牌照、注册和名称！

如果你正在改装汽车，需要考虑到它的底盘必须按照联邦机动车安全标准（FMVSS）和国家公路运输安全局（NHTSA）的安全标准。纽约和加利福尼亚，还有其他大多数州，对于这件事，允许你把车的名称由汽油改成电动；这只是个电动的复选框！是的，它非常简单。

在另一方面，许多司法管辖区曾经都拒绝给个人改装的和 / 或商业化生产的 1970 年的高尔夫球车类型的电动汽车上牌和投保，这种高尔夫球车类型的电动汽车只能勉强达到 72 千米 / 小时的车速，并且安全性有待提高。这就是为什么掌管了 FMVSS 500 条款允许低速车上路的产生原因。条例重点提及高尔夫球车类的电动汽车要具有普通车辆最基本的安全特性（比如，方向灯、制动灯、尾灯、保险杠、反向灯和喇叭）。这种车经常被叫做低速车或者社区电动车，并且车速达不到 40 千米 / 小时，它们只能上时速不超过 56 千米 / 小时的公路。另外，每一个州都必须批准这种类型的车上路。大多数州都允许社区电动车上路。

电动汽车改装或者制造的结果已经直接决定了它在清除上牌和投保时遇到障碍的能力。让我们来进一步了解各个部分。

➤ 车辆注册

任何车辆的注册都受它的所在州管辖。每一个州的机动车牌照，尽管都基于通用的联邦标准，但都有所不同。也许你的内燃机车辆改装或者底盘制造完全符合美国联邦机动车安全标准（FMVSS）和国家公路运输安全局（NHTSA）的安全标准，但是你还是需要通过州机动车检查。如果你正在从头开始做一辆电动汽车，最好在之前就知道这些检查规则和条例。

总的来说，美国很少州有特殊的电动汽车法规。你会发现像那些有大量汽车的州，比如加利福尼亚、纽约和佛罗里达，在建立电动汽车的指导准则上走在前列。了解你自己所在州的机动车管理部门。

至于注册的过程，大多数在各个州的机动车辆管理局和 / 或者环境保护局，更多的是涉及烟雾认证或者环境质量局（DEQ）或者环境保护局（DEP）。核对你所在州的车辆规则和条例，如何让一辆改装的电动汽车获得牌照，这一点非常重要。然而，在大多数州，拥有一辆改装或者制造的电动汽车有一条捷径。事实上，你可以出钱购买整个当地环境质量部检查团队的午餐，如果他们的仪器测量出任何电动汽车排放物（混合动力电动汽车主们千万不要这么做）。

在大多数州，你的电动汽车可以获得税费减免，并且还有联邦税费减免。在部分地区，你有权享受电费优惠。请去你的当地电力单位和政府看看，在你所在的地区你的电动汽车是否有类似的权利。

➤ 购买保险

目前保险大致上和注册一样。回到 2008 年，当本书的第 2 版出版时，仅仅使用车辆识别号码（VIN）就够了！

如果你的电动汽车是由内燃机车底盘改装而来的，你不太可能会遇到问题。虽然需要一个过程来跟你的保险公司解释你改装而成的电动汽车，拥有车辆识别号码和州机动车部门的许可，可以使大多数国际大型保险公司安心地给电动汽车上保险。提前确认你的设计符合保险要求，因为保险公司可能会需要你提供一些备份文件。

➤ 安全补充说明

在本节中，我的基本假设就是你把安全放在改装电动汽车理想特性列表的最重要

位置。这个推理假设了你保持原内燃机底盘安全系统原封不动：车灯、喇叭、方向盘、制动器、驻车制动、安全带和前风窗玻璃刮水器等。这个推理还假定你在安装新的电动汽车部件时一直记着“安全第一”。

11.2 驾驶和维修概述

电动汽车比内燃机汽车更容易驾驶，维护成本更少。但由于其驾驶与维修的要求是不同的，你需要调整在使用内燃机汽车时的习惯。驾驶时就像一个一生都开手动变速器汽车的驾驶人第一次开自动变速器汽车时的体验一样。至于维修，有一大堆事情需要做，必须认真地完成。让我们来仔细看看每个部分。

➤ 驾驶电动汽车

改装或者制造的电动汽车可能仍然看起来像之前的内燃机汽车，但它驾驶起来完全不一样。以下是一些提示。

起步

让一辆改装或者制造的电动汽车起步也是一门小小的学问。在起步的时候不需要用到离合器，因为当你的脚离开加速踏板时电动机并不会转动。另一方面，我们非常明确地需要齿轮处于啮合状态，因为你不希望空载情况下起动你的串励直流电动机以防止其转速过高而损坏自身。如果你忘记了或者不小心把离合器留了下来（或者把变速器挂在空档），当你听到电动机停转的时候要立刻停车。我所听到的最好的分析是，如果你的电动汽车非常轻（不是基于性能的控制器和重载电机），就可以在第二档启动汽车，因为电动机的转矩可以提供足够的转速（如第 10 章讨论的福特 Ranger 或 Focus 以及保时捷）。然而，性能更高的汽车（如第 10 章讨论的保时捷）在第 4 档也可以很容易地启动，因为汽车的电动机、控制器和电池可以提供在 4 ~ 6 秒之内使汽车从 0 加速到 100 千米 / 小时所需的电压。

换挡

如果在城市内驾驶，大多数只会用到前两个档。档位越低，续驶里程越长，所以在任何车速时尽可能使用最低的档位。不过，当你在高速公路上行驶时，最好选择较高的档位。

经济驾驶

如果你在驾驶时留意电流表，很快就能学会如何以最经济的方式来驾驶，换

档和制动。为了获得最大的续驶里程，目标是在任何时候都用最小的电流。你很快就会发现飙车和爬坡的差异——要么改变你的驾驶习惯，要么做好更频繁充电的计划。

滑行

如果你没有制动能量回收，电动汽车的滑行是不同于任何你曾在内燃机汽车中遇到的——它并没有发动机压缩来减速。你需要学习如何正确的“脉冲”以及其正确的时刻。我和那些驾驶人一起开过车，他们先用 3 秒加速，然后滑行、加速、滑行。高负荷加速对车辆并不好并且浪费能源。在大多数驾驶中，稳定踩加速踏板更好。当需要功率较小时，轻微的脉动只是一个优势。

再生制动

再生制动是一种通过将车辆动能转换成另一种有用能源而使车速降低的技术。新获得的能量被存储起来以备将来使用或回馈到能源系统用于其他车辆。举个例子，电气再生制动在电气铁路车辆中将回收的电能反馈给供电系统。在纯电动和混合动力电动汽车中，能量被储存在电池组或电容器中供以后使用。其他可以储存能量的方式有压缩空气和飞轮。

现在有很多人都有开混合动力电动汽车进行滑行的经历。与混合动力汽车一样，电动汽车被设计成尽可能无摩擦，以更好地利用这个伟大的特性。学会脉冲式踩加速踏板然后滑行到下一个红绿灯或前面的车辆。混合动力电动汽车车主（特别是纽约市的出租车司机）都知道这个观念。

当你加速时，不需要踩加速踏板然后滑行。你可以慢慢地踩加速踏板，然后把脚离开踏板。当你滑行时，再生制动开始起作用，它比一般的制动更加平滑，更加高效，因为车辆向前移动的同时可进行充电。虽然有很多拥有改装电动汽车的人都喜欢猛踩踏板然后滑行，但是制动能量回收可以在多数走走停停的驾驶中带来非常大的帮助。

确定续驶里程

用电池的电压表来作为燃料的测量器，与里程表一起告诉你电池还可以带你走多远。在仪表板上帖个字条或使用笔记本电脑记录行驶里程的轨迹，充满电和电压表的读数（例如，当你行驶 y 英里后电压表读数为 x ），你很快会得到一个图。请记住，你的电池组在你深循环充放电几次之前将无法达到其峰值续驶里程。

➤ 电池用尽

在你用完电之前，尽快下车！如果电量已经耗尽，但又找不到一个电源插座，那么就关掉钥匙开关，让电池休息 20 ~ 30 分钟（此时关闭一切电气系统）。令人惊讶的是，你会发现额外的电量又出现在电池中，或许足够带你找到所需要的充电插座。在这个特殊的情况下如果有车载充电机会非常受欢迎。没电的话会堵在繁忙的高速公路中间无法动弹，这是非常不好的。你应该明白，在电源快用尽前会有明显的能量损耗。你也应该明白，完全放电会大大缩短电池的寿命。

➤ 定期开车

（请注意计算公式是基于汽油的价格为每加仑 4.50 美元。请参阅“前言”获得更多详细信息。）

每周定期驾驶电动汽车数次。请记住，不管使用与否，铅酸蓄电池内的化学物质一直在消耗，因此请使用它们。更妙的是，想想使用电动汽车为你省了多少钱。Jim Harris 现在每行驶 60 英里（100 千米）充一次电，其平均能源花费大概是每英里 6.6 美分（ $0.44 \text{ 千瓦时} / \text{英里} \times 0.15 \text{ 美元} / \text{千瓦时}$ ）。

假设汽油价格为每加仑 4.50 美元，那么一辆典型的油耗为 25 英里 / 加仑的内燃机皮卡行驶每英里需花费 18 美分（ $1/25 \text{ 加仑} / \text{英里} \times 4.50 \text{ 美元} / \text{加仑}$ ）。这几乎省了 2/3 的费用。我想说的是，你也许可以利用这一点。（请注意，如果使用最新的 2012 年价格，电动汽车相对于燃油汽车的价格优势更明显。）

11.3 保养电动汽车

现在你所驾驶的汽车每天仅花几分钱，如果你想完美地体验快乐，就需要多花费一些。事实上，正确设计和改装的电动汽车与内燃机汽车相比所需的维护出奇地少。它归结为电池的维护和充电，最大限度地减少摩擦和预防性维护。

➤ 电池保养

检查电池端口是否腐蚀，用小苏打溶液除去锈斑。

[注意：所有的蒸馏水都蒸发成水蒸气。它通常是在减压（和温度）情况下以节省能源。反渗透法也是有效去除矿物质的方法。]

因此，铅酸电池一直以来都成为这部分的话题，但问题依然存在：锂聚合物电池是否会成为电动汽车的下一件大事？最近我已经听到一些有趣的消息，是关于一家名为 DBM 的公司开发的 Kolibri 锂聚合物电池。最新的锂聚合物电池技术，被称为 Alpha Polymer，有以下特点：

- 充一次电可以行驶 400 英里
- 6 分钟内充满电
- 5000 次循环充放电寿命
- 锂电池 $\frac{1}{10}$ 的价格
- 20 年电池寿命
- 比特斯拉电池组轻 30%

CarCharging 集团在曼哈顿下城 Rapid Park 以及其他诸如芝加哥 Astoria Tower 等地提供电动汽车充电服务

CarCharging 集团公司声称在靠近金融区的比克曼街 25 号 Rapid Park 车库以及纽约南街海港可以找到它们的电动汽车充电服务点。电动汽车驾驶人可以在曼哈顿下城 Rapid Park 的设备上快速便捷地给电动汽车充电。这个位置距离佩斯大学及纽约城市医院很近。

“随着越来越多的人驾驶电动汽车，我们希望在南街海港附近为我们的顾客在其工作或娱乐时提供便捷可靠的充电服务，” Rapid Park 区域总监 Kevin Wolf 说道。“和 CarCharging 合作以提供电动汽车充电服务，如可共享的便利设施，我们现在可以为 Rapid Park 的电动汽车顾客提供一个车位来停放并为他们的电动汽车充电。”

CarCharging 通过使用一个 Coulomb Technologies EV 2 级快速充电站提供电动汽车充电服务，可以为电动汽车电池提供 240 伏 /32 安的快速充电。电动汽车充电站使用的是几乎所有汽车制造厂都广泛使用的 SAE J1772 标准连接器。

电动汽车驾驶人可以在网上轻易地注册和建立一个 CarCharging 账户，然后就可以得到挂在钥匙扣上的小卡片，在任意智能 CarCharging 站首先使用和付费。CarCharging 钥匙扣卡还可以用于在 ChargePoint Network 上寻找充电位置。CarCharging 同样接受信用卡直接支付。

使用者可以使用 CarCharging 地图（地址：<http://www.carcharging.com/>）精确查找电动汽车充电站位置。CarCharging 手机应用也提供实时的充电站位置和路线规划。驾驶人可以很快预约一个时间，确保能够进入电动汽车充电站。

市面上已经有的电动汽车包括日产 Leaf、雪佛兰 Volt、丰田插电式 Prius、宝马 ActiveE、福特电动版 Focus/Fisker Karma 以及特斯拉 Model S，等等。

然而我在图 11-1 所示的广告中注意到，即使是宝马（就像其他公司一样），也在推广宝马 ActiveE 并建立电动汽车充电基础设施。因此，对于汽车制造厂甚至消费者需要关心的事情正逐渐较少。



图 11-1 宝马 Active E 的广告

► 轮胎保养

轮胎滚动阻力是一个重要的能量损失，所以（如果可以的话）选择一个低滚动阻力的轮胎，并经常使用更准确的胎压计检查你的轮胎气压是否足够。合适的轮胎压强是 32 磅每平方英寸或更高。电动汽车的轮胎应该足够硬。对大多数汽车来说，超低滚动阻力轮胎胎压可以达到 50 磅每平方英寸（或更多），可以用于大多数汽车。和你当地的轮胎专家交流一下轮胎胎压限值与对应的负载。

另外，听一下声音，以确保制动片或制动盘工作正常。图 11-2 中的制动片和制动钳看起来是多么的神奇。让它保持那样！（注意：对于多数车辆来说胎压为 80 磅每平方英寸的轮胎都是合适的。）

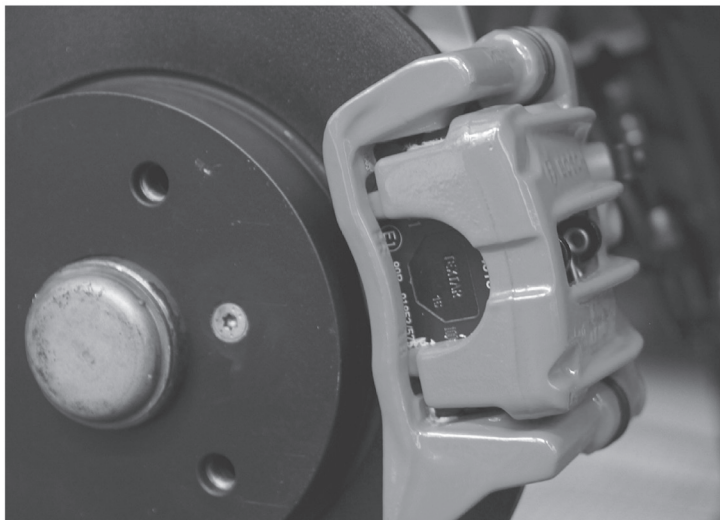


图 11-2 制动盘和制动钳看起来多神奇

➤ 润滑油

传动系统中的液体（变速器和后轴的润滑油）的黏度也会造成损失，所以用轻质润滑油在这两个部件中做一下试验。改装的电动汽车在机械传动系统上的设计负载较小，所以应该可以把后轴和损耗较低的变速器中的润滑油降级到 50#。可以考虑低损耗的合成润滑油。

➤ 检查连接

预防性维护主要包括定期检查大电流接线的松紧度，如图 11-3 中的充电机。在这里你得动手。有温度不好，这意味着连接松散，任何部件当你拉它时会移动也是不好的。在例行的预防性维修中进行重新紧固时，可以使用几个开口和套筒扳手快速地完成工作。

这里有一些可使你的电动汽车长久保持高性能需要做的简单步骤：

- (1) 保护车子不受自然损害很重要。使用良好的设计理念和材料，以保护电动机不受雨、雪和冰的损害。不希望你的车在改装成电动汽车之前，它的表面像图 11-4 中的 TurnE 改装的老款 Smart 汽车一样。
- (2) 设计好电机的安装区域，使空气流通良好。电动机需要连续正常供应清新的空气来冷却。
- (3) 保护电动机远离那些可用于冷却的“脏空气”。大多数空气中的颗粒将会充当

磨料最终对电动机内部零件造成损害。

- (4) 正常使用期间如有灰尘 / 污垢，需清洁发动机盖下的电刷和电池连接。
- (5) 定期检查连接、电压、间隙和对齐，以确保它们在正常的范围内。
- (6) 如果你怀疑电动机的运行状况，请立即关闭它。同时记录下任何观察到的现象、音频声音或气味，在再次运行电动机之前，征求相关专家的意见。
- (7) 让电动机始终工作在正常的安全电压、电流和转速范围内。
- (8) 遵守提供给你的所有安全规则。
- (9) 请记住，如果你照顾好自已的汽车，那么它也会照顾好你。



图 11-3 可以检查充电机连接的松紧度。确保连接可靠



图 11-4 确保你的汽车不要锈成这样

11.4 安全信息

这不是一个包含了所有要点的列表。请多了解使用常识，做事谨慎。电动机是非常强劲的，如果使用不当或没有安全处理，甚至可能导致死亡、肢体损伤或其他严重的损伤。当电动机运行时，请小心谨慎。如果你不知道自己在做什么，那么就找个懂行的人来帮助你。一定要摘掉你手上、身上佩戴的所有金属饰品和金属物体。

➤ 在维护电动汽车之前

如果你正在维护电动汽车，确保车辆已安全固定，如驱动轮已离开地面并已固定，在任何情况下不能使之与地面接触。另外：

- 如果非驱动车轮保持与地面接触，则挡住它使车辆不能在任一方向滚动。
- 在做任何电动汽车维修工作之前，先断开电池电源，如图 11-5 所示。
- 当需要做特定的检查或测试时再重新接好电池。

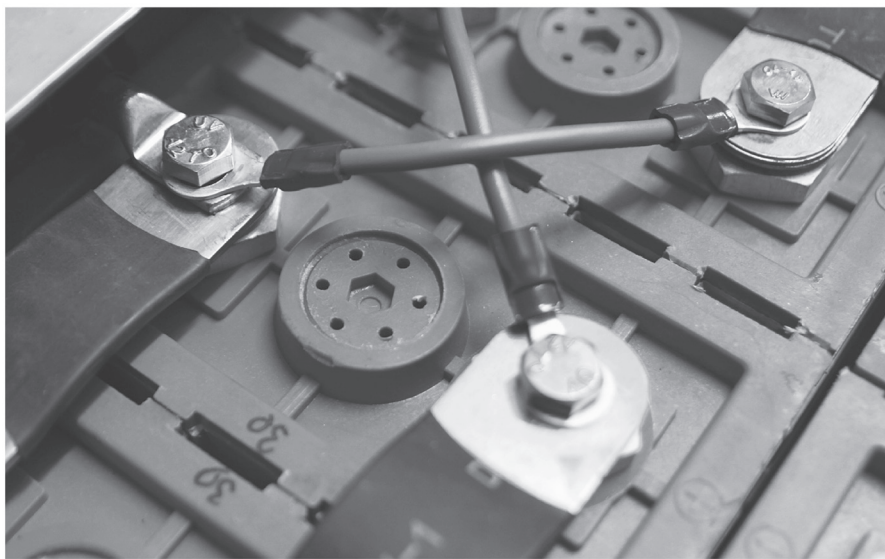


图 11-5 断开电池的连接

➤ 电动机

电动机必须由一个知识渊博、经验丰富的人员来连接到电源上：

- 电动机不应该空载运行。电动机在空载运行时，可能会导致人员或电动机损伤。空载被认为是滥用并且可能对附近的人造成危险，并使电动机损坏
- 电动机的一些部件可能会发热，必须采取适当的预防措施

- 电动机非常重，如果跌落会对电动机本身造成损坏或损伤被它砸中的物品（包括人和车子部件）。
- 当维护电动机时要格外小心
- 在电动机维修之前，确保电源已经断开
- 如果不采取适当的预防措施，电动机包含的可动部件可能会导致严重的人身伤害。切勿触摸正在工作的电动机
- 电动机不能超过制造商标定的限值工作
- 电动机不得以任何方式改造，这样做会使电动机保修失效并可能带来极大的危险
- 当处理电动机时，戴上保护或安全装备，比如安全鞋、安全眼镜和手套等
- 在维护或测试电池之前，请确保你知道最近的正在运行的洗眼店在哪儿
- 不要破坏任何安全电路或安全装置，如图 11-6 所示
- 当驱动轮与地面接触时，任何情况下，你都不应该按任何电动汽车的开关。当驱动轮与地面接触时，按下开关可能会导致严重的财产损失、人身伤害，甚至死亡



图 11-6 熔断器和电路

➤ 应急工具

当增加额外的车载重量就跟没有一样时，携带一个小型公路套件应该能够在公路

上给你带来安心，知道你对大多数情况都有应对策略。至少，你的工具包里应该有一个小型灭火器、一小瓶小苏打水，小工具包（包括扳手、导线剪切钳、螺钉旋具、电线和卷尺），和一个有延长线与多个充电插头的充电机，比如 AeroVironment 公司的 EVSE-RS 充电机。EVSE-RS 充电机能很轻松且安全地插入一个专用的 240 伏电源插座，并滑入和滑出一台壁挂式支架。可移动充电机，如图 11-7 所示，重约 20 磅，比一般手提箱轻，所以当你探亲或去度假时一定要随身带着它。



图 11-7 在急需时你可能只缺一个备用的充电机

11.5 关于电动汽车推广普及的建议

- (1) 加大国家、区域和地方在全国各地的社区推广电动汽车的力度。
- (2) 通过各种措施去除影响国家汽车电动化的不必要的官僚和市场障碍：
 - ◆ 在全国普及安装基本的充电基础设施，包括家中及公共场所
 - ◆ 鼓励购买电动汽车和相关充电设备，简化电动汽车充电设备的许可申请过程
 - ◆ 向公众宣称电动汽车的优点，以及电动汽车充电设施方面的保障
 - ◆ 确保安装电动汽车充电设备的工人能在第一时间接受适当的培训

- ◆ 鼓励电力部门为电动汽车车主提供有吸引力的价格和方案，并增加非高峰期充电
- ◆ 促进清洁能源、能源效率以及能源管理技术与汽车充电共同发展
- ◆ 通过提高电动汽车使用数量，电池二次利用和储能应用，降低先进电池的成本

(3) 确保美国在电动汽车、电池和部件制造方面的领导地位。

电动汽车将帮助美国摆脱石油依赖，也意味着更少的空气污染。电动汽车的排放比传统汽车低至少 30%——这是基于现在的电网。随着我们电网越来越多地依赖可再生能源，电动汽车随着时间的推移将变得更清洁。

为增加电动汽车的拥有量，首先我们必须通过建立降低电动汽车和插电式电动汽车使用成本的政策来提高市场占有率。这是 IEEE 会议关于智能电网挑战方面的最新议题，电动汽车是未来智能电网的关键，被认为是减少对化石燃料依赖的最有前途的方法。

正如我前面所说的，让人们能在家中充电非常重要。这就是为什么 Leviton 要与丰田等多家汽车公司合作开发汽车充电站的原因。充电站都使用易于插入并挂在墙上的充电机，如图 11-8 所示。evr-green 320 型电动汽车充电站可以提供 32 安 /7.7 千瓦的输出。



图 11-8 evr-green 320 型电动汽车充电站

11.6 电动汽车最新进展

在一篇关于电动汽车的题为《汽车电动化：现状与问题》的文章中，作者 Albert G. Boulanger、Andrew C. Chu、Suzanne Maxx 和 David L. Waltz 承认汽车制造商已认识到电动汽车对行业的未来至关重要，消费者对电动汽车的选择不仅受实际费用影响，而且还受感性费用的影响。例如，消费者必须明白尽管目前电动汽车的初始价格比发动机汽车高，但是电动汽车的运行成本较低。

需要加以重点解决的电动汽车问题包括稀土和锂资源提取与开采的最佳方法、电动汽车技术的开发和部署、插头和充电机行业协议的标准化、充电基础设施的建设，以及选择智能电网技术和可再生能源的国家和全球的政治意愿和公众教育。

快速充电有助于加快电动汽车市场发展

TH!NK 电动汽车宣布，它正在与 Aero Vironment (AV) 公司合作，以开发高端充电或快速充电的 TH!NK City 电动汽车。TH!NK City 是该类型中第一辆通过泛欧监管安全许可和欧洲统一 (CE) 认证的电动汽车，实际客户使用和测试超过 5000 万千米。TH!NK 也是电驱动系统技术的领导者，第一个向市场推出了“即插即用”(plug and play) 电动汽车移动解决方案，图 11-9 所示电动汽车为我在 NYPA/ TH!NK 清洁通勤项目 (Clean Commute Program) 中所驾驶的汽车。我们确保充电站不仅在客户的家中，而且在火车站也有，使得即插即用充电机随处可用。



图 11-9 笔者在 NYPA/TH!NK 清洁通勤项目中所驾驶的电动汽车

Aero Vironment 公司是电动汽车快速充电领域的领导者之一。正如你想像到的，

这是为了快速启动美国的快速充电基础设施建设。这为公司带来巨大的发展前景，因为它会向目前电动汽车车主提供快速充电的机会，就像加油站会给燃油汽车加油一样。这可能需要一段时间，但它更便宜而且零尾气排放。TH!NK City 使用的是在美国的 EnerDel 公司生产的电池组。

一个 60 辆 TH!NK City 电动汽车组成的车队在瑞士阿尔卑斯山的中心区域的 30 家饭店、度假村和其他地方以大约 57 美元（60 瑞士法郎）一天的优惠价格提供出租服务。Alpmobil 提供该服务并可以通过它的网站（www.alpmobile.com）进行预约。电动汽车充电可以在周边的超过 20 个充电站进行充电，这些充电站由当地山区水域、水库和水坝提供的可再生的水电供电。

毫无疑问，要想让大众接受电动汽车，更多的电动汽车需要被引入市场。此外，充电必须像加油一样方便，以使转换更容易一些。

Aero Vironment 公司近日宣布，它们将提供成本较低的家用充电机，如图 11-7 所示。充电越方便，对于整个电动汽车市场就越有利。

其中有一个很大的改变机会来自于商用车领域。美国现在有超过 230 万辆的商用车和轻型载货车在路上行驶——为电动汽车的广泛应用提供了一个巨大的潜在机会。但是，大公司、联邦、州和地方政府，以及其他车队运营商都对转换还在犹豫。GE 刚启动了一个项目，试图做出改变。

GE 在纽约 Niskayuna 的全球研究中心的研究人员将设计和建立一个更好的商业车队充电站，充电站将结合 GE 公司现有的智能电网技术，有助于大幅削减公共汽车、运输车辆以及其他商业和政府车队的车库的安装成本。该项目还得到美国能源部的认可。

ABB 全球公司

全球领先的电气和自动化技术集团 ABB 公司，在 2011 年 9 月宣布收购 Epyon B.V. 公司。该公司是一家电动汽车充电基础设施解决方案领域的早期领导者，专注于直流快速充电站和充电网络软件。收购该公司符合 ABB 扩大全球电动汽车基础设施解决方案产品线的战略。“ABB 公司的品牌知名度和强大的全球网络将加速合并后的 Epyon-ABB 公司的成长，并向重要客户和合作伙伴提供使用权，” Epyon 公司的首席执行官 Hans Streng 说。他在过去的一年领导了公司，并且会在合并后的公司继续作为一名经验丰富的领导。“Epyon 现有的业务由 ABB 强大的电力电子平台和全球生产基地，以及它的供应、市场和服务网络来补充。”

TH!NK 电动汽车的美国就绪指数

我在 2010 年给 PlanetGreen.com 的回信上写过，越来越多的电动汽车为充电解决方案提供了一个全球市场机会，包括为电网装备更先进的监测系统和软件的支持技术。根据 Pike 研究机构估计，电动汽车充电设备的销售额会在未来五年内迅速增长。

在 1 月份，TH!NK 电动汽车公司在美国各地的城市进行了“美国就绪指数 (U S Ready Index)”调查。TH!NK 开发“电动汽车就绪城市指数”(EV-Ready Cities Index) 的目的是为了显示哪些城市可以最先开始运营电动汽车。该指数由 ASG Renaissance 为 TH!NK 设计开发，这是一家位于密歇根州 Dearborn 的市场研究和商业服务公司。

“电动汽车就绪城市指数”需要考虑什么？

据北美 TH!NK 公司，“电动汽车就绪城市指数”需要考虑的是购买和使用的激励措施，比如：

- 高乘载车辆 (HOV) 车道和基础设施支持
- 混合动力电动汽车销售数据
- 交通拥堵状况
- 环保局不达标区状况 (空气质量)
- 可用于车辆充电的潜在的低碳能源

现在政府不需要在做报告上花钱——它只需要做

政府部门做了相当多的像这样的关于电动汽车的报告。当我在纽约州工作时，我和同事在全州实施项目时把所有这些类型的问题都考虑进去了。不过，我相信 TH!NK 可以指出哪些城市已准备好使用电动汽车为我们提供了一项服务。希望这将给政府更多的时间把重点放在让汽车上路，并确保电池技术成熟，还有“美国制造”等方面。

从哪个城市开始

这份报告书的最后指出：这些城市在电动汽车上有“优先权”。所有其他城市应该注意，阅读该报告并准备引进电动汽车。这些城市有：

- 洛杉矶
- 旧金山
- 芝加哥和纽约
- 圣地亚哥
- 俄勒冈州波特兰市

- 加利福尼亚州 Sacramento

排在前十名的还有纽瓦克、西雅图和亚特兰大。其余的城市还包括丹佛、波士顿、华盛顿特区、费城和凤凰城。

据北美 TH!NK 所说,“我们预计美国市场电动汽车的推出将相当集中在早期阶段。有些城市更希望成为电动汽车技术的早期使用城市,而“电动汽车就绪城市指数”将是一个指导和优先考虑这些市场发展的有用工具。它反映了政府提供的支持、消费者的接受程度,以及电动汽车从电力驱动获得最大的利益可能的机会。电动汽车是一个解决拥挤城市环境的独特方案,我们正在采取从一个城市到另一个城市的做法,而不是整个国家或从州到州的方法。”

简单地说,电动汽车可以插上插头

这是电动汽车最重要的部分之一。电动汽车插头和充电机可以高达 20 安,可以让你的车直接插入标准家用 220 伏交流电插座。更高电流容量的电动汽车充电机需要一个专用的 380 伏交流电路——那种可以让你的家用电炉或干衣机工作的电路。

现在你发现,你可以安装一个电动汽车充电机,这几乎比安装其他任何代替物更容易。

11.7 小结

最近我被问到关于电动汽车在美国发展现状的看法。这是一个非常难,(同时)也是非常容易回答的问题。

为什么呢?目前在美国还没有一个有效的电动汽车和充电机的发展战略。更重要的是,在公共交通和电动汽车之间还没有关联以实现清洁通勤。此外,还一直没有关于清洁通勤、电动汽车以及车辆到电网(V2G)技术的智能集成。

所有这些概念毫无疑问会刺激经济,因为当我在纽约电力管理局从事清洁通勤项目时,这花了最少的投资。因为在 9·11 之后该项目(仅用 100 辆 TH!NK City 电动汽车)产生的国内生产总值(GDP)有数百万美元。

那么,你会问我什么是清洁通勤项目?我要告诉你,NYPA/TH!NK 的清洁通勤项目允许电动汽车和纽约的交通枢纽互联。

人们租用 TH!NK City 电动汽车的费用为每月 199 美元,可以在火车站前停车,而且在火车站和家里充电都免费。我们甚至能够为客户提供中转检查服务。这会减少电动汽车驾驶人的中转花费。

基于该项目的成功,我们能够进入第二阶段——包括太阳能充电、车辆到电网

(V2G) 示范以及 400 名会员。到现在为止,已经有数百万了,我要强调,数百万!

这个项目是在名为《谁毁灭了电动汽车?》的电影上映期间创立的,大概在 2000 年之后,当汽车公司想要除掉 TH!NK City 电动汽车的时候。所以没有其他的项目,没有其他的协调方案,对于这个基本项目只能继续并扩大数量。甚至在全美范围内!你看,我在这里并不是为了找工作(尽管我是典型的饥饿型作者),但即使是哈佛和耶鲁评估这个项目,也会认为这是从切片面包以来最好的事情。

我们需要一份美国插电式混合动力电动汽车发展战略。这里有一个提示:如果有人能在加州能与加州大学和联邦政府合作,推广 Prius/ 福特 Escape 混合动力电动汽车,为什么不创造就业机会,并帮助这些混合动力车成为插电式电动汽车。然后你就可以实现 100 万辆电动汽车上路。

最近的一篇文章指出,“Bright 汽车公司是一家位于印第安纳州和密歇根州的公司,开发出了 Bright IDEA 汽车,该车是插电式混合动力商用货车,可以提供前所未有的燃油经济性和实用性,同时显著降低总的拥有成本。Bright 的技术正在进行道路试验,接受美国国防部和其他车队的测试。该公司的报告说有顾客着急购买它们的车辆,其中有一半的客户是小企业家——美国就业的增长引擎——每车每年将节省数千美元。”

虽然这是一个插电式混合动力电动汽车,没有电动汽车好,但我们需要慢慢地减少对石油的依赖。让我们戒掉瘾,这将是一个缓慢的过程。将来总有一天能实现。

也为了那些正在开发电动汽车的汽车企业,让我们来鼓舞一下有效项目,促进经济增长。公私合作伙伴关系,如 NYPA/ TH!NK 清洁通勤项目,今后也会继续这样做。正如 Tim Gunn 说的:“干起来!”

此外,在全国各地有公共交通的地方启动清洁通勤项目。我向你保证,这些数字会增长得很快。在华盛顿特区,人们沿着 BART 公共交通线路——旧金山伯克利和 Danville 上下班……还有芝加哥、波士顿等所有我在电动汽车就绪指数中提到过的城市。

当你做到这一点或到达一个点之后,自由市场就会有成熟的电池,它的价格便宜到让每辆汽车充一次电就可以行驶 300 或 400 英里。我已经准备好随时可以工作了。

汽车制造商正在寻找把插电式电动汽车从早期使用的昂贵车辆转变为大量使用的个人交通工具。经过数年的对工程开发和市场资源的投资,插电式电动汽车于 2011 年面市,并且产量超过 20 000 辆,对于这种汽车来说是空前的产量纪录。

现在有更廉价的电动汽车出售,如图 11-10 中的 CODA 电动汽车。



图 11-10 CODA 电动汽车

预计纯电动汽车和插电式电动汽车在未来几年内购买量会大增，Pike 研究机构的分析表明，在类型选择上将会出现显著的地区差异。举个例子，在北美混合动力电动汽车的销量超过纯电动汽车，在欧洲和亚洲则反之。与此同时，汽车制造商的战略会继续发展。大部分汽车整车厂都在稳步的生产插电式电动汽车，仔细审查新技术和消费者的喜好特别是需求的地区差异。关于电动汽车行业的长期前景都持乐观态度，但行业仍保持审慎，专注于市场需求的增长。

因此，正如我一直说的，基于现有的汽车来打造你自己的电动汽车。这就是为什么丰田公司最近发布了它们的电动汽车 Scion，如图 11-11 所示。这辆车曾在科罗拉多州的大学校园内向初学者展示。请注意福特 Focus 电动汽车新的充电盖，除了它是电动的，其他与普通燃油车没有区别，如图 11-12 所示。

与此同时，特斯拉汽车公司打造了自己的电动汽车，这本书展示了它的制造过程，如图 11-13 所示。只要记住，我们正在打造自己的电动汽车，并且你将会坐上它。它们被你制造出来就像燃油汽车被造出来一样。现在只要你把想法全转移到电动上。

最后，我再次重申，你必须在车上有一个电动汽车的标志，向其他人说明这是你打造的属于自己的电动汽车。丰田汽车公司 Scion IQ 电动汽车就这么做了，如图 11-14 所示。让我打造我们的电动汽车吧，无论是改装的还是汽车公司生产的。我希望看到更多的像图 11-15 一样的图片。图中福特汽车公司的工人正在为福特 Focus 电动

汽车安装电池组。我们需要更多类似于这样的工作，这本书可以帮助的不只是消费者，还有那些打造电动汽车的人们。电动汽车会给这个世界带来惊喜，改变我们的经济和环境。因此，打造一辆电动汽车，并让每个人都知道吧！



图 11-11 丰田公司生产的纯电动汽车 Scion iQ



图 11-12 福特公司生产的电动汽车——福特 Focus 电动车。注意充电盖！



图 11-13 丰田汽车公司正在生产电动汽车。注意车门！

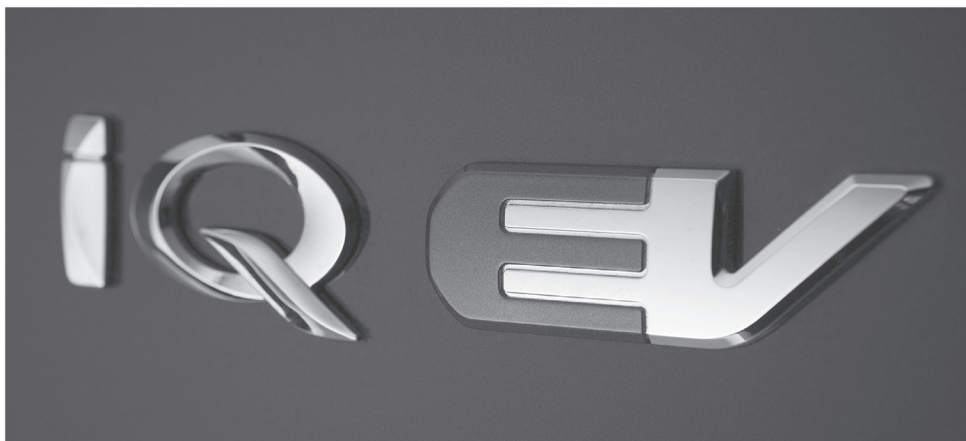


图 11-14 Scion IQ 的电动汽车标志。确保你的汽车也有电动汽车标志。每个人都必须知道！

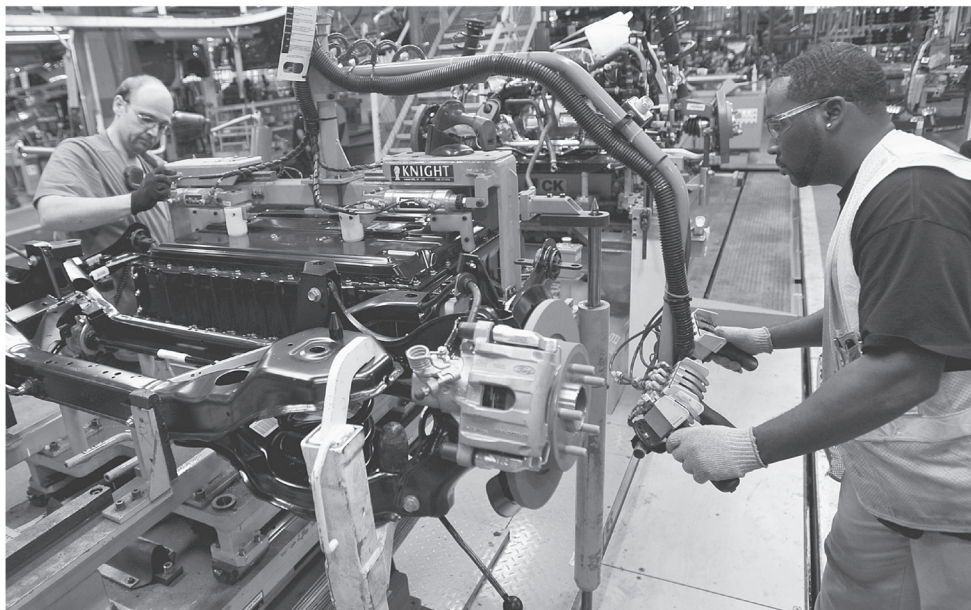


图 11-15 福特汽车公司的工人正在给电动 Focus 安装电池组

附录 本书常用计量单位换算表

物理量 指标	法定单位	非法定单位	单位换算
长度	米 (m)	英尺 (ft) 英寸 (in) 英里 (mile)	1ft=0.3048m 1in=0.0254m 1mile=1609.344m
面积	平方米 (m ²)	平方英尺 (ft ²) 平方英寸 (in ²) 平方英里 (mile ²)	1ft ² =0.09m ² 1in ² =6.45 × 10 ⁻⁴ m ² 1mile ² =2.6 × 10 ⁶ m ²
体积	升 (L)	美加仑 (usgal)	1usgal=3.785L
速度	米每秒 (m/s)	英里每小时 (mile/h)	1mile/h=0.447m/s
加速度	米每二次方秒 (m/s ²)	英尺每二次方秒 (ft/s ²)	1ft/s ² =0.305m/s ²
质量	千克 (kg) 吨 (t)	磅 (lb)	1lb=0.454kg
力	牛 (N)	千克力 (kgf) 磅力 (lbf) 吨力 (tf)	1kgf=9.8N 1lbf=4.45N 1tf=9.8 × 10 ³ N
力矩	牛米 (N · m)	磅力英尺 磅力英寸	1lbf · ft=1.356N · m 1lbf · in=0.113N · m
功率	瓦 (W)	马力 (hp)	1hp=735.5W
温度	摄氏度 (℃) 开 (K)	华氏度 (°F)	表示温度差和温度间隔时：1℃ =1K 表示温度数值时： $\frac{t}{℃} = \frac{T}{K} - 273.15$ 表示温度差和温度间隔时：1°F= $\frac{5}{9}$ K 表示温度数值时： $\frac{T}{K} = \frac{5}{9} (\frac{\theta}{°F} +459.67)$ $\frac{t}{℃} = \frac{5}{9} (\frac{\theta}{°F} - 32)$ 其中，T、t、θ 分别表示热力学温度 摄氏温度和华氏温度。

BUILD YOUR OWN ELECTRIC VEHICLE 3rd

新能源汽车研究与开发丛书

电动汽车原理与应用技术
电动汽车电驱动理论与设计
新能源车辆储能与控制技术
混合动力电动汽车技术
电动汽车设计与制造基础

McGraw-Hill
全球智慧中文化

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037

电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203

网络服务
机工官网：www.cmpbook.com
机工官博：weibo.com/cmp1952
金书网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版



机械工业出版社微信公众号

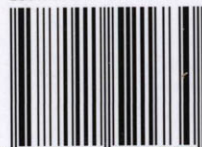
上架指导 交通运输 / 电动汽车

ISBN 978-7-111-52173-0

策划编辑◎何士娟 / 封面设计◎鞠杨



ISBN 978-7-111-52173-0



9 787111 521730 >

定价：98.00元